PATRICK SUPPES

METAFIZICA PROBABILISTĂ

PATRICK SUPPES

METAFIZICA PROBABILISTĂ

Studiu introductiv și îngrijirea ediției:
CORNEL POPA

Traducere din limba engleză:
ADRIAN-PAUL ILIESCU și VALENTIN MUREȘAN

HUMANITAS
BUCUREȘTI — 1990

Coperta colecției:
DOINA ELISABETA ȘTEFLEA

© PATRICK SUPPES 1984

PROBABILISTIC METAPHYSICS

Basil Blackwell Publisher Ltd
108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, England

ISBN 973-28 0065-8

EMPIRISMUL PROBABILIST, LOGICA ŞI CUNOAŞTEREA ŞTIINŢIFICĂ

Patrick Suppes, profesor la Universitatea din Stanford, este de trei decenii o personalitate bine cunoscută pe tărîmul cercetării logico-metodologice şi de filosofie a ştiinţei.

Este autorul unor teorii originale despre probabilităţile subiective şi obiective, conceptul de cauzalitate, teoria deciziei şi raţionalităţii, teoria învăţării, filosofia şi semantica limbajelor naturale, fundamentele ştiinţelor experimentale, teoria măsurătorilor etc. Între lucrările sale reprezentative putem menţiona: „Introduction to Logic" (1957, 11 ediţii pînă în 1968), „A Probabilistic Theory of Causality" (1970), „Logique du Probable" (1981), „Foundations of Measurements" (1971 în colaborare). De asemenea, a fost unul dintre organizatorii primului Congres Internaţional de Logică, Metodologie şi Filosofie a Ştiinţei, ţinut la Stanford în 1961.

Lucrarea de faţă reprezintă un eveniment ştiinţific, logico-metodologic şi filosofic remarcabil. Cititorul obişnuit cu lucrările de filosofie circumspecte şi nuanţate pînă la pierderea timbrului propriu va fi, desigur, surprins de tonul răspicat, tineresc şi incisiv al cărţii *Metafizica probabilistă* a profesorului din Stanford. Stilul direct, enunţarea explicită a tezelor pe care le combate, dar şi a celor pentru care pledează va antrena dintru început pe cititor în miezul unor probleme

„fierbinți" de filosofia și metodologia științelor experimentale, de filosofia matematicii, a limbajului sau a comportamentului rațional.

Particularitatea cărții lui Patrick Suppes constă în regîndirea critică, din perspectiva teoriei probabilităților, a unui șir de probleme-cheie în filosofia tradițională privind conceptul de materie și teoria determinismului, cauzalitatea și întîmplarea, certitudinea și completitudinea cunoașterii, unitatea și pluralitatea științei, natura limbajului, definirea raționalității etc.

Convingerea lui Patrick Suppes este aceea că vechea filosofie dogmatică, de factură teologică, a fost înlocuită în zilele noastre cu o neodogmatică filosofico-metafizică, afirmată în numele științei, dar la fel de inexactă și greșită ca și vechea dogmatică. Asemenea dogmaticii tradiționale, crede Suppes, noua filosofie afirmă o serie de teze și principii devenite locuri comune și prejudecăți, pe care din obișnuință nu le mai supunem analizei critice.

Iată, după Suppes, cinci astfel de teze:

1. Viitorul este determinat de trecut; 2. Fiecare eveniment are o cauză deterministă suficientă; 3. Cunoașterea trebuie întemeiată pe certitudine; 4. Cunoașterea științifică poate fi, în principiu, completă; 5. Cunoașterea și metoda pot fi, în principiu, unificate.

Toate aceste cinci teze ale metafizicii neotradiționale sînt, după filosoful american, false. În consecință, el își asumă sarcina explicită de a construi o metafizică și o epistemologie pe alte baze. Cuvîntul de ordine este construirea unei noi filosofii a științelor, compatibilă cu spiritul investigației experimentale, cu utilizarea conceptelor, tehnicilor și metodelor empirist-probabiliste. În locul empirismului logic și proiectului lui Otto Neurath, Rudolf Carnap și Charles W. Morris de unificare a științelor, proiect infirmat de evoluția cunoașterii umane în ultimele patru decenii, Suppes pledează pentru un „empirism probabilist".

Redăm mai jos tezele noii filosofii de esență probabilistă: 1. Legile fundamentale ale fenomenelor naturale sînt, în mod esențial, mai curînd probabiliste decît deterministe prin caracterul lor; 2. Concepția noastră despre materie trebuie să conțină intrinsec un element probabilist; 3. Cauzalitatea este, prin natura sa, probabilistă, nu deterministă; 4. Certitudinea nu este accesibilă în cunoaștere, nici în sensul nemijlocirii psihologice, nici în sensul adevărului logic, nici în sensul preciziei depline a măsurătorilor; 5. Colecția teoriilor științifice din trecut, prezent și viitor nu se îndreaptă către un rezultat determinat, care ne va da la limită o cunoaștere completă a universului; 6. Știința are, mai curînd, un caracter pluralist decît unitar, atît în privința limbajului, cît și în privința problemelor sau metodelor; 7. Învățarea limbilor și vorbirea în aspectele lor fonologice, gramaticale, semantice sau prozodice sînt, prin natura lor, intrinsec probabiliste; 8. Teoria raționalității este, prin natura sa, intrinsec probabilistă.

În afara introducerii, din care am desprins tezele mai sus enumerate, cartea este structurată în alte șapte capitole privind întîmplarea în natură, cauzalitatea și întîmplarea, incertitudinea, incompletitudinea, pluralitatea științei, limbajul și raționalitatea.

Trei anexe întregesc sub raport logic formal capitolele consacrate cauzalității (cauzele comune), limbajului (gramatica probabilistă) și raționalității (probabilitate și expectație). O bibliografie bogată și indici îl ajută pe cititor să plaseze lucrarea de față într-un context problematic adecvat.

E util să facem în continuare cîteva considerații din perspectiva ontologiei, logicii și teoriei cunoașterii pe marginea tezelor filosofiei probabiliste dezvoltate de filosoful și logicianul american.

1. *Empirismul probabilist și respingerea determinismului clasic*

Găsim în cartea lui Suppes o respingere bine argumentată a determinismului mecanicist sau laplaceean, după care „trecutul fenomenelor le determină în mod univoc viitorul", și o afirmare răspicată a caracterului obiectiv al întîmplării: „întîmplarea și probabilitatea sînt fenomene reale, și nu trebuie puse pe seama ignorării de către noi". (p. 29) a cauzelor autentice mai profunde. La acest punct, poziția apărată de filozoful american concordă în esență cu tezele clasice, binecunoscute ale întemeietorilor filosofiei materialiste-moderne, care respingeau determinismul metafizic, linear și pledau pentru o înțelegere statistică și probabilistă a determinismului social-economic. Legea se afirmă ca o „medie", ca o rezultantă a unei mulțimi de acțiuni individuale întreprinse de participanții la acțiunea socială, fiecare dintre ei animați de intenții și scopuri personale.

Nici din perspectiva ontologiilor moderne nu putem accepta teza determinării univoce a viitorului de către trecut. Indubitabil, viitorul este condiționat, între anumite limite, de către trecut. Atît în natură cît și în viața socială, un curs anterior de evenimente facilitează, îngreunează sau împiedică un eveniment sau o stare viitoare. Dar nu există în genere, nici în devenirea evenimentelor naturale, nici în istoria umană, o determinare inevitabilă, fatală a viitorului de către trecut. Dacă în viața socială viitorul ar fi riguros determinat de către trecut, independent de intențiile, deciziile și conduitele umane, atunci nu am mai fi îndreptățiți nici să elogiem, nici să blamăm faptele umane și pe cei ce le săvîrșesc, căci aceștia, în viziunea determinismului mecanicist, nu au nici merite și nici vină, fiind simple resorturi involuntare în cursul evenimentelor naturale și sociale, pe care nu le pot controla.

Critica determinismului de tip mecanicist întreprinsă de Patrick Suppes, și pledoaria pentru probabilitate și aleator, deși nu e nouă, este în-

dreptățită. Filosoful american afirmă că universul are caracter probabilist. El aduce în acest sens patru categorii de argumente: 1) exemple din viața cotidiană, ca mișcarea frunzelor la o adiere de vînt, circulația norilor în atmosferă, caracterul impredictibil al cuvintelor ce le rostim, explicarea mecanismului perceperii olfactive și vizuale; 2) cercetarea fenomenelor dinamice clasice de tipul aruncării zarurilor, mișcării discului unei rulete, extragerii de cărți dintr-un pachet sau de bile din urnă etc.; 3) desfășurarea proceselor descrise de mecanica statistică din fizica clasică, de termodinamică, mișcarea browniană etc. și în sfîrșit 4) argumentele furnizate de mecanica cuantică. Nu vom intra în detaliile acestei argumentări. Este important să evidențiem concluzia autorului: legile fundamentale ale fenomenelor naturale au în esență mai curînd un caracter probabilist decît unul determinist. De aceea, *aleatorul și probabilitatea sînt concepte filosofice majore*, care pe nedrept au fost ignorate de tradiție. În acest sens Suppes critică poziția lui Immanuel Kant, care se pronunța împotriva folosirii probabilității în metafizică și pleda pentru instaurarea unei filosofii a certitudinii absolute ce nu ar mai avea nevoie de corecții și ameliorări. Probabilitatea, observă Suppes, este un concept de factură modală, iar modalitățile joacă un rol esențial în științe. Suppes nu detaliază în cartea de față legătura probabilităților cu logicile modale, dar trimite pentru aceasta la un studiu al său din 1974, „The essential but implicit role of modal concepts in science" în K. F. Schaffner and R. S. Cohen (eds), PSA 1972, Dordrecht: Reidel, 1974, p. 305—314.

Aleatorul este pentru Suppes opus determinatului sau producerii necesare. Aleatorul provine din complexitatea fenomenului. Numai seriile foarte complexe sînt aleatoare. Dar, observă Suppes, noțiunea de complexitate este tot atît de ambiguă și vagă ca și cea de aleator. Dezambiguizarea noțiunii de complexitate Suppes o încearcă prin ideile de program de calculator și de lungime a unui program ce modelează o serie

de evenimente complexe, cum ar fi, de exemplu, o secvență binară de 1 și 0, descriind rezultatele aruncării de o mie de ori a unei monede etc. Cu cît programul prin care descriem seria respectivă de evenimente este mai lung, cu atît evenimentul în cauză este mai complex. În spirit modern Suppes reduce, așadar, ideea de complexitate la cea de program și calculabilitate. Este surprinzător, totuși, că Suppes nu recurge la conceptele teoriei sistemelor, la mărimi de intrare și ieșire, la funcțiile de transfer și ieșire, la ierarhia și controlul sistemelor, pentru a explica pe cel de complexitate.

O altă direcție de argumentare constă în critica determinismului în lumina mecanicii unui sistem de particule (McKinsey, A. C. Sugar, P. Suppes 1953). Ideea predictibilității traiectoriilor viitoare, afirmă Suppes, este valabilă, dacă și numai dacă nu intervin coliziuni între particule sau dacă particulele ar fi perfect penetrabile. Or, niciuna dintre supoziții nu se adevereşte fizic — și, în consecință, supoziția laplaceeană a predictibilității nu este concordantă cu datele științelor experimentale.

P. Suppes înregistrează, pas cu pas, retragerile determinismului de tip laplaceean prin recunoașterea erorilor în determinarea parametrilor spațiali sau temporali în mișcarea aștrilor cerești, apoi a perturbațiilor externe unui sistem și, mai tîrziu, prin admiterea caracterului stocastic al ecuațiilor de mișcare a unor fenomene. Sînt aduse argumente de natură științifică din domeniul radioactivității naturale și mai ales din mecanica cuantică, în favoarea abordării probabiliste.

După Suppes, lumea este plină de evenimente întîmplătoare și orice cunoștință se întemeiază pe anumite abstractizări și schematizări. El își afirmă adeziunea la un realism al opiniilor, spre deosebire de realismul ontologic. Nu vedem însă de ce, dacă întîmplarea și probabilitatea nu sînt doar fapte de conștiință, ci realități obiective, o viziune probabilistă nu s-ar putea sprijini pe un

realism ontologic. De altfel, în întreaga sa carte, Suppes admite deopotrivă probabilități obiective și probabilități subiective. Conceptul de „întîmplare" este explicat de Suppes, după cum am văzut, cu ajutorul celor de complexitate și calculabilitate, deși în logicile moderne sau în discursul filosofic informal întîmplarea este adesea explicată cu ajutorul conceptelor temporale sau al celor modale. Uneori, întîmplarea este explicată cu ajutorul unor concepte intenționale sau teleologice. Acesta este cazul lui Aristotel, la care de altfel Suppes se și referă. Numai o ființă care are intenții, scopuri sau mobiluri poate avea, după Aristotel, și șansă sau noroc (tyche); o piatră sau un nor nu. Animalele sau corpurile fiind lipsite de intenționalitate nu pot produce ceva din întîmplare. Aristotel face distincție între acțiunile umane înfăptuite deliberat și întîmplările sau evenimentele care se produc spontan în circumstanțele acțiunii, dar fără participarea intențională a agentului acțiunii. Ceea ce se produce întîmplător este incalculabil, nepredictibil și neintenționat. Suppes reia în diferite contexte aceste atribute ale întîmplării — dar nu pare în mod special interesat de clasificarea teoretico-definițională a acestui concept. Mai ales, pare a lăsa în umbră caracterul de nonintenționalitate al întîmplării la nivelul activităților umane. Menționam mai sus definirea modală și temporală a întîmplării pe care Suppes nu o adîncește.

Întîmplarea sau contingența este definită în literatura modală în mai multe feluri și la mai multe niveluri. La nivelul modalităților aletice și temporale, al modalităților fizice și al modalităților acționale. Așa, de exemplu, contingența sau întîmplarea este definită în teoria modalităților fizice ca un posibil fizic-bilateral:

1. $Q^{t}p = M^{t}p \ \& \ M^{t}\text{—}\ p$

Într-un mod ceva mai rafinat, von Wright afirmă că un eveniment p s-a produs întîmplător la un moment t, dacă și numai dacă este adevă-

rat p în momentul t, și există un moment anterior lui t, t', iar în t' era posibil ca în t să se producă —p. Formal:

2. $Qp_t = p_t \ \& \ (\exists t')\,(t' < t \ \& \ M_{t'} - p_{t'})$

Desigur, admitem în acest caz un nou tip de functori modali, dublu datați, atît la nivelul *modus*-ului cît și la nivelul *dictum*-ului.

O subtilă analiză a conceptului de întîmplare este posibilă în limbajul logicilor modale metrizate propuse de V. A. Smirnov [1]. Admitem ca operatori temporali primitivi Pn, $\overset{\Box}{Fn}$ și $\overset{\Diamond}{Fn}$, cu înțelesul „cu n unități de timp în trecut —", „întotdeauna peste n unități de timp în viitor —" și „uneori peste n unități de timp în viitor —", unde „—" ține locul argumentului propozițional. Celor trei operatori le putem asocia o structură semantică de lumi posibile $<T, R>$, unde T este mulțimea momentelor temporale, iar R o relație definită pe T. Fie a, b, c, d elemente din T iar n un număr natural asociat unei perechi $<a, b>$ din R, desemnînd distanța sau intervalul temporal dintre momentul a și momentul b. Putem acum defini operatorii, Pn $\overset{\Box}{Fn}$ și $\overset{\Diamond}{Fn}$.

3. $a \models Pnp \Leftrightarrow (\exists b)\,(R^n ba \ \& \ b \models p)$

4. $a \models \overset{\Box}{F}np \Leftrightarrow (\forall b)\,(R^n ab \supset b \models p)$

5. $a \models \overset{\Diamond}{F}np \Leftrightarrow (\exists b)\,(R^n ab \ \& \ b \models p)$

Putem acum defini conceptul de eveniment viitor contingent, utilizînd într-o primă instanță operatorul $\overset{\Diamond}{Fn}$.

6. $\overset{\Delta}{F}np \Leftrightarrow \overset{\Diamond}{F}np \ \& \ \overset{\Diamond}{F}n - p$

---

[1] V. A. Smirnov, *Loghiceskie sistemi s modalnimi vremenîmi operatorami*, în *Modalnie i intensionalnie loghiki i ih primenenie k problemam metodologhii nauki*, iz. Nauka, 1984 p. 49—58.

Formula 6 afirmă că producerea peste n unități de timp a evenimentului descris de p este *contingentă sau întîmplătoare*, dacă și numai dacă, peste n unități de timp în viitor va avea loc evenimentul descris de p sau peste n unități de timp va avea loc evenimentul descris de — p.

Analog putem defini și *logic-determinarea*:

7. $\overset{\nabla}{F}np \Leftrightarrow \overset{\Box}{F}np \vee \overset{\Box}{F}n - p$

Pe baza operatorilor temporali metrizați putem introduce operatori temporali absoluți:

8. $Hp \Leftrightarrow (\forall n)(\forall b)(R^n ba \supset b \models p)$

9. $Pp \Leftrightarrow (\exists n)(\exists b)(R^n ba \,\&\, b \models p)$

10. $G \Box p \Leftrightarrow (\forall n)(\forall b)(R^n ab \supset b \models p)$

11. $F \Diamond p \Leftrightarrow (\exists n)(\exists b)(R^n ab \,\&\, b \models p)$

unde Hp, Pp, $G \Box p$ și $F \Diamond p$ se citesc: „întotdeauna în trecut a avut loc p", „în trecut a avut loc p", „întotdeauna în viitor va avea loc p", „în viitor va avea loc p". Analog, vom putea introduce noțiunile de contingență:

12. $G \triangle p \equiv (\forall n)(\overset{\Diamond}{F}np \,\&\, \overset{\Diamond}{F}n - p)$

13. $F \triangle p \equiv (\exists n)(\overset{\Diamond}{F}np \,\&\, \overset{\Diamond}{F}n - p)$

și corespunzător de determinare absolută.

14. $G \overset{\nabla}{} p \equiv (\forall n)(\overset{\Box}{F}np \vee \overset{\Box}{F}n - p)$

15. $F \overset{\nabla}{} p \equiv (\exists n)(\overset{\Box}{F}np \vee \overset{\Box}{F}n - p)$

Formula 12 descrie o *contingență continuă sau permanentă*, în sensul că în orice moment viitor se poate produce p și non p, în timp ce formula 13 descrie o contingență sau un posibil bilateral slab, în sensul că există cel puțin un moment viitor în care se poate produce p și respectiv non p. Similar sînt articulate în formulele 14 și 15 opusele acestor concepte, cel de *deter-*

minare continuă și de *determinare intermitentă* sau cel puțin într-un moment din intervalul de referință considerat.

Este evident că în interpretarea semantică dată conceptul de contingență necontinuă sau *contingență instanțială* redat prin $F \triangle p$ este distinct de simpla posibilitate bilaterală exprimată prin $F \Diamond p \,\&\, F \Diamond -p$, căci primul cere ca la același moment n să fie adevărat $F^{\Diamond}np$ și $F^{\Diamond}n -p$, în timp ce pentru adevărul lui $F \Diamond p \,\&\, F \Diamond -$ peste de ajuns să avem Fnp și $Fm -p$, cu $m \neq n$. $F \triangle p$ implică $F \Diamond p \,\&\, F \Diamond -p$, dar invers implicația nu e valabilă.

În limbajul logicii metrizate propuse de V. A. Smirnov și în semantica acestuia poate fi, de asemenea, definit conceptul de *producere întîmplătoare sau contingentă a unui eveniment*, menționat mai sus în formula 2 după Georg von Wright.

16. $a \models Cp \Leftrightarrow a \models p \,\&\, (\exists b)\ (\exists c)\ (\exists n)\ (R^n ba \,\&\, R^n bc \,\&\, c \models -p)$

Evenimentul p *s-a produs întîmplător* în momentul a, dacă și numai dacă, p s-a produs în a și există un moment anterior lui a, b, din care era accesibil un moment sau o stare c în care nu s-ar fi produs p.

Producerea necesară a evenimentului p în momentul a este descrisă cu mijloace similare:

17. $a \models Lp \Leftrightarrow (\forall b)\ (\forall c)\ (\forall n)\ (R^n ba \,\&\, R^n bc \supset \supset c \models p)$

Vom spune că *p s-a produs necesar* în momentul a, dacă și numai dacă, în orice alt moment sau situație alternativă lui a dintr-un moment anterior b, să spunem c, s-ar fi produs și în c evenimentul p.

La fel, vom spune că p *s-ar fi putut produce în momentul a* dar nu s-a produs, dacă și numai dacă, există un moment anterior lui a cu n unități de timp, să-i spunem b, și există peste n unități de timp din b un alt moment c, diferit de a, în care p s-ar fi realizat. În simboluri:

18. $a \models Mp \Leftrightarrow a \models -p \,\&\, (\exists b)(\exists c)(\exists n)(R^n ba \,\&\, R^n bc \,\&\, c \models p)$

Este evident că numai o logică temporală cu timp ramificat, dotată cu o semantică adecvată, poate da seama de astfel de concepte îndeajuns de rafinate încît nu pot fi cuprinse într-o înțelegere liniară a timpului.

Dar conceptul de întîmplare sau șansă, după cum a rezultat din exemplele date de Aristotel și comentate de Suppes, comportă și angajări axiologice. Ideea de șansă sau noroc, ca și opusa ei, nesansa sau ghinionul, presupun valorizarea stărilor în cauză din perspectiva utilității lor pentru agentul aflat în situație. De aici, concluzia lesne de tras, că exercițiul formal reprodus mai sus pe baza conceptelor logic-temporale, poate fi amplificat prin adăugarea componentelor corespunzătoare din teleologică, teoria logică a performanței și axiologia formală.

Admițînd drept operatori primitivi teleologici, performativi și axiologici: S(x, f, p), DO(x, f, q), G(x, q) și B(x, q) și citirea lor ca „x are drept scop să realizeze prin f starea p", „x a executat operația f cu rezultatul q", „starea q este bună pentru x" și „starea q este rea pentru x", putem defini conceptele aristotelice de șansă sau întîmplare favorabilă și pe cel de nesansă sau ghinion după cum urmează:

19. $N(x, f, q) = S(x, f, p) \,\&\, DO(x, f, q) \,\&\, G(x,q)$

20. $G(x, f, q) = S(x, f, p) \,\&\, (DO(x,f,q) \,\&\, B(x,q)$

Valorizarea întîmplării este, evident, relevantă numai din perspectiva experiențelor umane sau în orice caz, din perspectiva sistemelor dinamice complexe. Dar Suppes admite întîmplarea și la sistemele infrabiologice. În consecință, la acest nivel întîmplarea nu trebuie definită utilizînd scopuri și valori, utilități sau preferințe. Rămîn deci valabile mijloacele din teoria sistemelor și din logica modală și temporală, din teoria calculabilității etc.

Sub raport epistemic întîmplarea se caracterizează prin impredictibilitate.

Fenomenele pe care nu le putem prezice trebuie să le evaluăm ca întîmplătoare, afirmă P. Suppes. Dar, în acest caz, conceptul de întîmplare este subordonat unui concept epistemic de predictibilitate și, dintr-un concept cu valențe referențiale, devine un concept condiționat de operații cognitive.

Este util totuși să punem în evidență că în cele din urmă P. Suppes nu admite o ruptură absolută între întîmplare și determinism, căci spre încheierea capitolului despre întîmplare scrie: „cred că este îndeajuns să gîndim întîmplarea în termenii unei înalte complexități și să adoptăm poziția potrivit căreia nu există o dihotomie absolută între determinism și întîmplare" (p. 32).

2. *Probabilitate, modalități și cauzalitate*

Capitolul despre cauzalitate și întîmplare este un prilej fericit pentru autor de a reveni asupra teoriei sale probabiliste (1970) asupra cauzalității. Suppes ține să precizeze dintru început faptul că acceptarea legilor statistice ca fundamentale nu duce la ruinarea conceptului de cauzalitate. Ideea de cauzalitate este perfect compatibilă cu afirmarea priorității probabilității față de determinismul univoc de tip laplaceean. Pentru Suppes, teza că orice eveniment are o cauză deterministă suficientă este una dintre prejudecățile cele mai persistente ale metafizicii neotradiționale acceptate de filosofia contemporană a științei.

Nu putem vedea în înclinația oamenilor de a explica un eveniment sau o stare dată prin raportare la evenimente și stări anterioare și la legile firii drept o rămășiță a unei concepții metafizice tradiționale. Numai pe această cale putem explica lumea prin ea însăși. De altfel, Suppes însuși pare a adera ferm la acest principiu. Credem însă, ca și Suppes, că este inadecvată predominarea

în modelele noastre cauzal-explicative a unei anumite liniarități și a unui mod simplist de a înțelege raporturile de generare cauzală. Țesătura factorilor ce interacționează este extrem de complexă și nu putem alege întotdeauna, fir cu fir, factorii ce concură la producerea unui anumit efect. Abordarea științifică, probabilistă a cauzalității a fost o alternativă care l-a ispitit pe Suppes în deceniul al șaptelea [2].

Autorul american definește mai întîi în termeni probabiliști conceptul de cauză *prima facie*. Între astfel de cauze distinge, după anumite criterii riguroase, o clasă de *pseudocauze* și în raport cu primele două specii definește *cauzalitatea autentică* sau reală. Un eveniment B, spune Suppes, este o *cauză prima facie* a unui eveniment A dacă și numai dacă 1) B se produce înaintea lui A; 2) probabilitatea evenimentului A cînd se produce B este mai mare decît probabilitatea necondiționată a lui A. Mai departe definește noțiunea de *pseudocauză:* un eveniment B este o *pseudocauză* a lui A, dacă B este o *cauză prima facie* a lui A și există o partiție a evenimentelor anterioare lui B, astfel încît probabilitatea condiționată a evenimentului A, date fiind B și un element al partiției, să fie egală cu probabilitatea condițională a lui A, dat fiind elementul partiției. Este evident că, în acest caz, B nu sporește șansa producerii lui A în raport cu evenimentele anterioare lui, deși aceste evenimente favorizează producerea lui A. În consecință, B este o pseudocauză.

Dacă B este o *cauză prima facie* a lui A, fără a fi în același timp o *pseudocauză* în sensul definit mai sus, atunci B este o *cauză autentică* a lui A.

Un eveniment oarecare este considerat, așadar, drept cauză a apariției altui eveniment dacă și numai dacă: 1) îl precede; 2) apariția evenimentului antecedent este urmată cu probabilitate

---

[2] Patrick Suppes, *A Probabilistic Theory of Causality*, Acta Philosophica Fennica, 24, Amsterdam, North Holland 1970, 130 pp.

înaltă de apariția celui de al doilea; 3) nu există un al treilea eveniment pe care l-am putea utiliza pentru a explica relația de dependență probabilistă între primul și al doilea.

După cum mărturisește și în cartea de față și în studiul monografic din 1970, Suppes a ajuns la teoria sa probabilistă a cauzalității prin slăbirea conexiunii statuate de David Hume între evenimentul antecedent și cel succedent. În locul *alăturării* sau *însoțirii constante* a evenimentului cauză de evenimentul efect, Suppes postulează între ele o *conexiune probabilistă*. Ne amintim că atributele cauzalității erau după D. Hume trei: contiguitatea în spațiu, succesiunea în timp și alăturarea constantă a perechilor de evenimente conectate cauzal. Modificarea introdusă de Suppes, aparent minoră, vizează cel de al treilea atribut humean al cauzalității și rezidă în înlocuirea legăturii necesare, constante cu una de tip probabilist. Este drept, Suppes atribuie de regulă, o probabilitate înaltă conexiunii dintre cauză și efect, dar nu o legătură necesară sau, în plan epistemic, certă. Schimbarea propusă de Suppes apropie teoria cauzalității de metodologia cercetării empirice, de experiment, măsurători și activități umane practice. Teoria cauzalității nu mai ține de ontologia speculativă sau de analiza logică ci de metodologia cercetării experimentale și de tehnicile probabiliste de prelucrare a rezultatelor obținute.

Presupunînd înțelese temeiurile filozofice și linia strategică a raționamentului lui Suppes, putem acum relua, cu un grad sporit de precizie, demersul gîndirii sale cu privire la interpretarea probabilistă a cauzalității. Ne folosim pentru aceasta de un studiu mai concis al lui Suppes, ulterior monografiei din 1970, publicat în limba rusă[3]. Convenim să notăm prin $P(A_t)$ probabilitatea producerii evenimentului A în momentul

[3] Patrick Suppes, *Veroiatnostnii analiz pricinosti*, în *Matematika v sotiologhii*, iz. Mir, Moscova, 1977, p. 50—70.

t și prin $P(A_t|B_{t'})$ probabilitatea producerii evenimentului A la momentul t, dată fiind producerea evenimentului B la t'.

Definiția 1. Evenimentul $B_{t'}$ este *cauză prima facie* a evenimentului A_t, atunci și numai atunci cînd:

$$\text{(i)} \quad t' < t$$

$$\text{(ii)} \quad P(B_{t'}) > 0$$

$$\text{(iii)} \quad P(A_t/B_{t'}) > P(A_t)$$

Definiția 2. Evenimentul $B_{t'}$ este *pseudocauză* a evenimentului A_t în cazul și numai în cazul cînd: $B_{t'}$ este pentru A_t *cauză prima facie* și există un eveniment $C_{t''}$, $t'' < t'$, astfel că:

$$\text{(i)} \quad P(B_{t'} C_{t''}) > 0,$$

$$\text{(ii)} \quad P(A_t|B_{t'} C_{t''}) = P(A_t|C_{t''})$$

$$\text{(iii)} \quad P(A_t|B_{t'} C_{t''}) \geqslant P(A_t|B_{t'})$$

Condițiile postulate pentru cauza prima facie sînt concordante cu supozițiile lui Hume și intuițiile noastre: (i) evenimentul cauză precede evenimentul efect (relația de succesiune temporală menționată de Hume); (ii) evenimentul cauză trebuie să aibă o probabilitate mai mare decît zero: evenimentul nul nu produce nici un efect; (iii) probabilitatea evenimentului efect în condițiile producerii evenimentului cauză trebuie să fie mai mare decît probabilitatea absolută a evenimentului efect. (Condiția humeană a contiguității în spațiu a conexiunii cauzale este omisă din formalizarea lui Suppes.) Reluînd exemplul reprodus de Suppes, vom putea spune că vaccinarea antiholerică (evenimentul $B_{t'}$) este cauza prima facie a neîmbolnăvirii de holeră (evenimentul A_t), dacă și numai dacă vaccinarea a avut loc la t' și $t' < t$, vaccinarea a fost efectivă, avînd deci o probabilitate mai mare decît zero și probabilitatea persoanelor nebolnave de holeră vaccinate este mai mare decît probabilitatea persoanelor nebolnave de holeră nevaccinate.

Cauzele *prima facie* pot conține însă și cauze înșelătoare, pseudocauze. Strădania lui Suppes în a doua definiție se concentrează asupra depistării cauzelor înșelătoare, false, care estompează acțiunea cauzelor reale, autentice.

Considerînd un efect A_t, un eveniment anterior $B_{t'}$ este o cauză *falsă* a acestuia dacă $B_{t'}$ este o cauză *prima facie* (i.e. îl precede pe A_t, a avut loc efectiv și probabilitatea lui A_t condiționată de $B_{t'}$ este mai mare decît probabilitatea absolută a lui A_t) și în plus există un eveniment $C_{t''}$, anterior lui $B_{t'}$, astfel încît probabilitatea lui $C_{t''}$ și $B_{t'}$ este mai mare decît zero (i), probabilitatea condiționată a lui A_t, respectiv a efectului, date fiind $B_{t'}$ și $C_{t''}$ este egală cu probabilitatea condiționată a acestuia dată fiind apariția exclusivă a lui $C_{t''}$ (ii) și în sfîrșit, probabilitatea efectului A_t date fiind producerea lui $C_{t''}$ și a lui $B_{t'}$ este mai mare decît probabilitatea acestuia dată fiind producerea exclusivă a lui $B_{t'}$ (iii).

Prima condiție din definiția 2 cere ca evenimentele anterioare, candidate la statutul de cauză a unui eveniment trebuie să aibă o probabilitate diferită de zero; cu alte cuvinte, ceea ce nu este realizabil nu poate fi cauză. Condiția a doua arată că o cauză falsă, evenimentul B_t, nu mărește șansa apariției efectului A_t și că adăugarea ei la un eveniment anterior $C_{t''}$, de fapt o cauză autentică indirectă, păstrează doar șansele de producere a efectului induse de acesta.

Cea de a treia condiție din definiția 2 afirmă că probabilitatea evenimentului efect condiționată de cauza falsă este mai mică sau cel mult egală cu probabilitatea aceluiași eveniment efect condiționată la un loc de cauza falsă și cauza adevărată, un alt eveniment precedent.

Suppes introduce un concept mai tare de pseudocauză pe care îl numește *pseudocauză de ordinul al doilea*. Demersul este similar cu cel din cazul definiției 2, cu deosebirea că evenimentul $C_{t''}$,

ce ține loc de cauză efectivă, este de data aceasta un element oarecare dintr-o partiție anterioară de evenimente.

Definiția 3. Evenimentul $B_{t'}$ este o cauză falsă de ordinul al doilea pentru evenimentul A_t, atunci și numai atunci cînd, $B_{t'}$ este o cauză prima facie a lui A_t, $t'' < t'$ și există o partiție $\pi_{t''}$ astfel că pentru orice $C_{t''}$ din $\pi_{t''}$ sînt satisfăcute relațiile:

$$\text{(i)} \quad P(B_{t'} C_{t''}) > 0$$

$$\text{(ii)} \quad P(A_t | B_{t'} C_{t''}) = P(A_t | C_{t''})$$

Condiția (i) este aparent identică cu (i) din definiția II, dar în realitate este mai tare, căci nu cere doar să existe *un* eveniment $C_{t''}$, anterior lui $B_{t'}$, care împreună cu $B_{t'}$ să aibă o probabilitate mai mare decît zero, ci pretinde ca această condiție să fie satisfăcută de *orice* eveniment din partiția $\pi_{t''}$. În plus, evenimentul cauza falsă $B_{t'}$ nu sporește în raport cu *nici un* eveniment $C_{t''}$ din partiția $\pi_{t''}$ șansele de producere a efectului $A_{t'}$, care sînt date exclusiv de elemente din partiția considerată (ii). În definiția 3 nu mai apare o condiție analoagă lui (iii) din 2.

Un alt concept important captat de Suppes în perspectiva sa probabilistă este cel de cauză nemijlocită.

Definiția 4. Evenimentul $B_{t'}$ este *cauză nemijlocită* a evenimentului A_t în cazul, și numai în cazul cînd, $B_{t'}$ este cauză prima facie a lui A_t și nu există un t' și o partiție $\pi_{t''}$ astfel încît pentru orice $C_{t''}$ din $\pi_{t''}$ să aibă loc:

$$\text{(i)} \quad t' < t'' < t$$

$$\text{(ii)} \quad P(B_{t'} C_{t''}) > 0,$$

$$\text{(iii)} \quad P(A_t | C_{t''} B_{t'}) = P(A_t | C_{t''})$$

Grafic condițiile (ii) și (iii) reproduc condițiile (i) și (ii) din definiția 3. Dar în definiția 3 se cereau să fie satisfăcute condițiile (ii) și (iii) iar acum se afirmă că acestea nu sînt satisfăcute de nici un moment t'' și de nici o partiție $\pi_{t''}$. În cazul defi-

niției 3, $C_{t''}$ era o cauză indirectă a evenimentului A_t, deoarece între ele există o partiție de evenimente $\{B_{t'}, \bar{B}_{t'}\}$ desfășurate într-un timp intermediar între t'' și t care estompa acțiunea cauzală dintre $C_{t''}$ și A_t.

Demn de reținut este faptul că după Suppes cauzele nemijlocite pot fi îndepărtate în timp. Este ca și cum evenimentul cauză ar avea nevoie de un timp de gestație pentru producerea efectului, fără ca aceasta să împiedice manifestarea între timp a altor evenimente îndeplinind parcă rolul de perdea de fum în fața sarcinii asumate de cercetător de a descifra conexiunile cauzale.

Studiul lui Suppes pune în evidență și alte tipuri de relații cauzale, cauze indirecte, cauze negative, propune mai multe teoreme despre relațiile cauzale prima facie. Fără a intra în detalii, după Suppes relația de cauză prima facie poate fi abordată algebric, dar în același timp din condițiile postulate pentru definițiile date pot fi dezvoltate un număr de teoreme despre relațiile de cauzalitate. Notînd prin Π relația de cauzalitate *prima facie*, prin $\varnothing$ evenimentul vid și prin X evenimentul total, vor fi teoreme, între altele, enunțurile:

T1 Nu este adevărat: $A \prod A$

T2 Din $B \prod A$ rezultă că:

(i) $\bar{B} \prod \bar{A}$ este neadevărată

(ii) $A \prod B$ „ „

(iii) $\bar{A} \prod \bar{B}$ „ „

(iv) $B \prod \bar{A}$ „ „

v $\bar{B} \prod A$ „ „

T3. Dacă $B \varnothing$ sau $B = X$, atunci nu există vreun eveniment A despre care să fie adevărat că $B \prod A$.

T4. Dacă $A = \varnothing$ sau $A = X$, atunci nu există

vreun eveniment B despre care să fie adevărat $B \prod A$.

T5. Dacă $A \prod C$, $B \prod C$ şi $A \cap B = \varnothing$, atunci $A \cup B \prod C$.

T6. Din $A \prod B$, $A \prod C$ şi $B \cap C = \varnothing$ rezultă $A \prod B \cup C$.

T7. Relaţia de cauzalitate este netranzitivă.

Relaţia de cauzalitate este nereflexivă (T1), asimetrică (T2. (ii)). Evenimentul vid şi cel total nu pot juca rolul de cauză şi nici de efect (T3 şi T4). Între altele T4 poate fi interpretată ca afirmare a inexistenţei unei cauze a universului în întregul său. T3 spune între altele că evenimentul vid nu produce nici un efect. T5 spune că dacă două evenimente produc fiecare separat acelaşi efect, atunci efectul respectiv este generat de reuniunea celor două evenimente. T6 spune că dacă acelaşi eveniment produce două efecte distincte, atunci evenimentul în cauză produce şi reuniunea lor. În sfîrşit T7 afirmă netranzitivitatea relaţiei de cauzalitate.

În degajarea teoremelor de mai sus Suppes procedează algebric, nu axiomatic. Nu sînt respectate canoanele producerii demonstraţiilor în sistemele axiomatice formale: nu se începe cu definirea explicită a alfabetului limbajului formal şi regulilor de bine formare, a axiomelor şi regulilor de inferenţă. Rolul axiomelor este preluat de condiţiile postulate în definiţia 1 şi de egalităţile sau teoremele teoriei probabilităţilor.

Sub aspect filosofic putem, desigur, face mai multe comentarii pe marginea teoremelor enumerate. Astfel teorema T1, care afirmă că relaţia de cauzalitate este nereflexivă, respectiv că nici un eveniment nu-şi este propria sa cauză pare a contrazice teza autodeterminării sistemelor, a rolului decisiv al contradicţiilor interne. O astfel de interpretare ar fi totuşi inadecvată, căci la Suppes avem de a face cu evenimente ce cauzează

alte evenimente și nu cu interacțiuni între subsisteme. Ordinea temporală este esențială în înțelegerea relației cauzale.

Proprietatea de asimetrie postulată de T2 (ii) pentru relația de cauzalitate satisface pe deplin intuițiile noastre. Chiar dacă admitem conexiunea inversă și răsfrîngerea efectului asupra propriei sale cauze într-un sistem dinamic complex, aceasta are loc la un moment temporal ulterior și deci apar cupluri cauzale diferite, marcate de indici temporali distincți. Proprietatea de asimetrie se păstrează și în acest caz.

Teoremele T5 și T6 ne lasă să întrevedem rețeaua complexă de interacțiuni cauzale și oportunitatea descrierii acestora sub forma unor grafuri sau lanțuri Markov. Prima dintre ele descrie un caz de obținere a aceluiași efect din două cauze distincte, efectul fiind sub raport grafic un punct de joncțiune a două linii cauzale, iar cea de a doua o cauză unică cu două efecte distincte, cauza fiind, sub aspect grafic, un punct de bifurcare sau divergență a liniilor cauzale.

Afirmarea în T7 a caracterului netranzitiv al relației cauzale poate suscita și ea unele observații. J. Lukasiewicz înțelegea cauzalitatea ca o relație tranzitivă. La fel o înțelege A. A. Ivin, după cum vom vedea mai departe. În ceea ce ne privește, ne pare firesc să afirmăm caracterul netranzitiv al relației de cauzalitate nemijlocită, care are în mod esențial un caracter genetic și caracterul tranzitiv al relației de cauzalitate mijlocită. Ultima poate fi obținută din prima prin definirea unei închideri tranzitive între mai multe relații de cauzalitate nemijlocită și obținerea astfel a lanțurilor cauzale de care vorbeau odinioară la noi matematicienii Gr. C. Moisil și O. Onicescu. Serii sau lanțuri cauzale sînt astăzi depistate nu numai în disciplinele fizice și în cele tehnice, dar și în cele biologice, medicale și în cele umane. Fiziologia, neurofiziologia și endocrinologia pun în lumină multiple astfel de lanțuri sau conexiuni cauzale care caracterizează

funcțiunea sistemelor biologice și activitatea de diagnosticare și tratament întreprinsă de medic.

Teoria probabilistă a cauzalității propusă de P. Suppes nu exclude, ci propune ca un caz limită teoria clasică a determinismului. Ea poate fi obținută, afirmă Suppes, prin utilizarea exclusivă pentru probabilități a valorilor de 1 și 0. Opțiunea lui Suppes este însă explicit în favoarea abordării statistice și experimentale a problemei conexiunilor cauzale.

Abordarea logic-formală a cauzalității a făcut obiectul multor tentative. În afară de încercările mai vechi ale lui A. W. Burks[4] și I. J. Good[5] citate de P. Suppes, merită să fie consemnate încercările lui A. A. Ivin din 1974 și ale lui A. Bard din 1985. Într-un studiu intitulat „Necesitatea ontologică și implicația cauzală (vezi „Loghika i metodologhia naucinogo poznania", Iz. Moscovskogo Universiteta, 1974, p. 74—77) Ivin propune mai multe sisteme modale despre necesitatea cauzală și întîmplare. El introduce doi operatori modali noi: operatorul „Este cauzal necesar p, CLp", și operatorul „Este cauzal întîmplător p, CIp".

În afară de axiomele logicii propozițiilor, drept axiome specifice pentru „ontologia minimală" sau sistemul OM1, se propun:

A1 $CLp \,\&\, CLq \supset CL\ (p \,\&\, q)$

A2 $CL(pvq)\ V\ CI\ (pvq) \equiv CLp\ v\ CLq\ v\ CIp\ v\ CIq$

A3 $CIp \supset \neg\ CLp \,\&\, CI \neg\ p$

Regulile de inferență vor fi substituția, modus ponens și regula extensionalității.

---

[4] A. W. Burks, *The Logic of Causal Propositions*, „Mind", 60, pp. 363—382, 1951.

[5] I. J. Good, *Causal Calculus, I*, „The British Journal for the Philosophy of Science", 11, pp. 305—318, 1961 și II în ac. revistă, 12, pp. 43—51, 1962.

Definiții

D1 $CMp = CLp \vee CIp$

D2 $CRp = CL \neg p$

D1 introduce posibilul ontic iar D2 imposibilul ontic.

Sistemele OM2, OM3, OM4 sînt obținute prin adăugarea la OM1 a axiomelor:

A4 $CLp \supset \neg CL \neg p$

A5 $CLp \supset p$

A6 $CLp \vee CIp \vee CL \neg p$

Axioma A4 este analogă axiomei specifice sistemului logic deontic, după care obligațiile trebuie să implice permisiunile. Axioma A5 este de tip T, iar A6 afirmă că orice eveniment este necesar, întîmplător sau imposibil.

Într-o altă construcție formală intitulată logica minimală a legăturilor cauzale, desemnată prin OI1, Ivin utilizează un tip de implicație cauzală notată prin $\Rightarrow$ pentru care postulează drept axiome:

C1 $(p \Rightarrow q) \,\&\, (q \Rightarrow r) \supset p \Rightarrow r$

C2 $(p \Rightarrow q) \,\&\, (p \Rightarrow r) \equiv p \Rightarrow (q \,\&\, r)$

C3 $(p \Rightarrow q) \,\&\, (r \Rightarrow q) \equiv (p \vee r) \Rightarrow q$

C4 $(p \Rightarrow q) \vee (p \Rightarrow r) \supset (p \Rightarrow (q \vee r))$

Regulile de inferență rămîn aceleași din OM1.

Fără a intra în detalii de ordin tehnic, cîteva observații filosofice sînt îndreptățite. Conceptul de cauzalitate captat de Ivin în OI1 satisface proprietatea de tranzitivitate (vezi C1), spre deosebire de algebra cauzală propusă de Suppes, unde cauzalitatea prima facie și implicit cea autentică nu satisfac proprietatea de tranzitivitate. Axioma C2 are un antecedent (sau un prim termen al echivalenței) analog teoremei T6 din algebra cauzală, dar consecința mai tare decît

a lui Suppes. C3 este analogă teoremei T5 despre efectul unic produs din două evenimente cauză distincte, dar în versiunea lui Ivin întărită, contraintuitiv printr-o echivalentă; implicația de la dreapta spre stînga ne pare sub aspect filosofic discutabilă.

C4 nu are un analog printre teoremele algebrei cauzale a lui Suppes.

O a treia construcție formală pentru relațiile cauzale propusă de A. A. Ivin se întemeiază pe conceptul de lege și își are temeiul în filosofia științei de inspirație Carnap, Popper sau Reichenbach. Cauzalitatea este definită în funcție de conceptele lege și derivabilitate logică, respectiv predictibilitate. Evenimentul A este cauza evenimentului B dacă și numai dacă există un limbaj al unei teorii științifice în care putem formula trei propoziții p, q și r astfel încît p să fie descrierea unei legi universale, q descrierea evenimentului A, r descrierea evenimentului B și r să fie o consecință logică din p și q. Admițînd această descriere prin legi a cauzalității și desemnînd prin KZ mulțimea legilor obiective cunoscute, Ivin adaugă la un sistem comun de logică modală (de exemplu T, S4, S5) definițiile:

D3 $\quad CLp = KZ \,\&\, Z \prec p$

D4 $\quad CIp = KZ \,\&\, \neg\, (Z \prec p) \,\&\, \neg\, (Z \prec \neg\, p)$

D5 $\quad p \Rightarrow q = KZ \,\&\, (Z \,\&\, p \prec q)$

Prin aceasta el urmărește relativizarea conceptului de cauză la o mulțime Z de legi obiective cunoscute de cercetători la un moment dat.

D3 spune că evenimentul p este cauzal necesar, dacă și numai dacă, el este o consecință logică a unei mulțimi de legi obiective cunoscute (semnul $\prec$ desemnează relația de implicație strictă în sensul lui Lewis). D4 definește evenimentul cauzal contingent sau întîmplarea: p descrie un eveniment cauzal întîmplător, dacă și numai dacă, nici p nici $\neg$ p nu este o consecință logică din mulțimea legilor cunoscute. În sfîrșit, D5 defi-

neşte conceptul de relaţie sau implicaţie cauzală: evenimentul descris de p implică ontic-cauzal evenimentul descris de q dacă şi numai dacă propoziţia q este o consecinţă logică din propoziţia p şi enunţurile legice cunoscute desemnate prin Z.

Astfel definită cauzalitatea ne apare a fi un concept ontic şi epistemic în acelaşi timp. Cauzalitatea îşi exercită rolul metodologic prin considerarea simultană a dimensiunilor ontice şi epistemice. Evident, cauzalitatea nu este o relaţie de consecinţă logică, dar în planul cunoaşterii ea poate fi evidenţiată prin intermediul acestei relaţii, tot aşa cum, ideea mai generală de determinism, şi ea de nivel ontic prin natura sa, se manifestă la nivelul cognitiv prin predictibilitate şi controlabilitate.

Definirea implicaţiei cauzale este întregită de Ivin prin adăugarea unor exigenţe suplimentare de tipul pBq, „p precede pe q" sau $\neg (p \prec q)$, „q nu este o consecinţă logică a lui p".

O viziune logic-modală asupra relaţiei de cauzalitate deosebită de cea a lui A. A. Ivin propune logicianul A. Bard într-un studiu publicat în 1985 în *Neklasiceskie loghiki* (p. 92—96).

Bard adaugă la limbajul logicii propoziţiilor operatorii modali N, L şi $\triangleright$. Variabilele propoziţionale p, q, r descriu evenimente. Np se citeşte „Este necesar natural sau logic p", Lp se citeşte „Este logic necesar p" şi $p \triangleright q$ se citeşte „p este cauza lui q". Sistemul său de logică a relaţiilor cauzale CL (cauzal logic) are drept axiome enunţurile:

A0 Axiomele logicii propoziţiilor

A1 $Np \supset p$

A2 $N(p \supset q) \supset (Np \supset Nq)$

A3 $Lp \supset p$

A4 $Lp \supset LLp$

A5 $p \supset L{-}L{-}p$

A6 $L(p \supset q) \supset (Lp \supset Lq)$

A7 $Lp \supset Np$

A8 $(p \triangleright q) \supset N(p \supset q)$

A9 $(p \triangleright q) \supset -L(p \supset q)$

A10 $(p \triangleright q) \,\&\, (q \triangleright r) \cdot \supset p \triangleright r$

Reguli de inferență

RMP $\vdash A, \vdash A \supset B \models \vdash B$

RN $\vdash A \models \vdash NA$

RL $\vdash A \models \vdash LA$

R $\rhd A_1 \equiv A_2; B_1 \equiv B_2 \models (A_1 \rhd B_1) \equiv (A_2 \rhd B_2)$

A. Bard operează simultan cu trei clase de operatori modali primitivi, dintre care două monadice și una diadică. Modalitățile monadice sînt una de tip clasic, Lp, „Este logic necesar p", care dispune de un set de axiome de tăria sistemului lui Brouwer (A6, A3, A4, A5 și RL) și alta de natură mixtă desemnînd ambiguu necesitatea naturală sau cea logică Np „Este natural sau logic necesar p", guvernată de un sistem de axiome modale de tăria sistemului T (A1, A2, RN). Axiomele A7, A8, și A9 sînt axiome de legătură: A7 leagă modalitățile logice de cele mixte,arătînd că necesitatea logică implică pe cea mixtă. Axioma A8 leagă implicația cauzală $p \rhd q$ cu implicația strictă mixtă $N(p \supset q)$, iar axioma A9 leagă implicația cauzală cu implicația strictă, mai exact postulează că dacă două propoziții exprimă o conexiune cauzală, atunci între ele nu există o implicație strictă. Din axiomele A8 și A9 rezultă că relația cauzală este o conexiune necesară ce nu este în același timp o implicație strictă. Axioma A10 postulează, ca și axioma C1 din sistemul OI1 a lui A. A. Ivin, tranzitivitatea relației cauzale. În acest punct ambii autori se deosebesc de poziția lui P. Suppes care demonstra nontranzitivitatea relației cauzale (vezi T7).

Pentru A. Bard relația cauzală este descrisă de un operator modal binar fiind primitivă în sistem. În cea de a treia construcție formală propusă de Ivin relația cauzală era definită cu ajutorul conceptelor de lege și consecință logică (vezi anterior D5).

Menționăm două concordanțe între concepțiile și sistemele, oricum extrem de diferite, ale lui P. Suppes și A. Bard. Ambele admit ca teo-

reme ireflexivitatea relației cauzale și asimetria acesteia. În sistemul CL avem:

TB1 $-(p \rhd p)$ și TB2 $p \rhd q \supset -(q \rhd p)$

iar la P. Suppes T1 și T2 (ii).

Un alt rezultat notabil al sistemului CL este teza după care nici o relație cauzală nu poate fi dedusă exclusiv logic (vezi și A9)

Sistemul CL este necontradictoriu. A. Bard a construit pentru el o semantică de lumi posibile definind în mod original o structură cauzală și un model cauzal și valorizări adecvate pentru cele trei categorii de operatori modali.

Am întreprins mai sus o comparație între perspectiva probabilistă în tratarea cauzalității adusă de Patrick Suppes și perspectivele logic modale propuse de A. A. Ivin și A. Bard. Deoarece atît supozițiile inițiale, cît și mijloacele utilizate sînt diferite, evident și rezultatele cercetărilor vor fi diferite. Toate tind însă spre descrierea cauzalității reale din lumea fizică, biologică și socială. La Suppes cauzalitatea este o relație de tip probabilist ce presupune ordonarea temporală a evenimentelor și etape și criterii de selectare a cauzelor autentice de pseudocauze. Impactul experimental la Suppes se realizează prin măsurători și experimente. Datele inițiale vor fi prelucrate cu ajutorul instrumentelor statistice și probabiliste.

După cum am văzut, conceptul de conexiune cauzală este definit în limbajul teoriei abstracte a probabilităților: corp borelean, eveniment, intersecție și reuniune de evenimente, cîmp de evenimente, eveniment vid, eveniment sigur, evenimente incompatibile, independente, partiții, cîmpuri de probabilități etc. În teoriile propuse de A. A. Ivin și A. Bard impactul empiric este dat de prezența mulțimii de enunțuri ce descriu legi empirice K sau de admiterea necesității mixte, CL la Ivin sau N la Bard.

Legătura cu lumea fizică poate fi asigurată prin semanticile sau interpretările asociate construcțiilor formale.

Concluziile pe care le putem degaja din cele prezentate mai sus sînt:

1) Relația de cauzalitate este o relație de ordine la nivel ontic ce presupune contiguitate spațială și succesiune temporală. Este o relație între evenimente sau procese ale sistemelor lumii materiale și nu între obiecte sau stări. Sensul primar al conceptului de cauzalitate este cel de generare nemijlocită a unui eveniment sau stări noi (efectul) ca urmare a producerii anterior a unui alt eveniment (cauza). În această accepție cauzalitatea este ireflexivă și asimetrică;

2) Termenul de cauzalitate (și corespunzător cel de cauză și efect) nu adăpostește un concept unic, ci o familie de concepte: cauză directă sau nemijlocită, cauză indirectă sau mijlocită, cauză pozitivă, cauză negativă etc., concepte cu proprietăți formale distincte, așa de exemplu relația de cauzalitate directă este netranzitivă, cea de cauzalitate indirectă sau de lanț cauzal este tranzitivă.

3) Conceptul de cauzalitate este fundamental pentru înțelegerea teoriei determinismului. Nici în fizică, nici în biologie, nici în științele sociale cauzalitatea nu trebuie înțeleasă ca o relație liniară univocă de la cauză la efect. Determinismul mecanicist de tip laplaceean, deși stenic prin afirmarea legilor obiective și a predictibilității evenimentelor viitoare, este o abstractizare și simplificare derutantă a complexității lumii fizice reale. Așa cum am putut observa și din algebra cauzală propusă de Suppes, cauzalitatea comportă scheme, relații și structuri mai complexe: un eveniment unic poate cauza efecte multiple, același efect sau rezultat poate fi obținut din stări inițiale și evenimente diferite, un eveniment cauză poate avea o gestație și o amînare a efectului;

4) Cauzalitatea este un concept ontic cu dimensiuni și implicații epistemice și cu valoare metodologică. Ideea de cauzalitate conduce în mod necesar la predictibilitate și control prin cunoaștere a cursului real al evenimentelor.

Conceptul de cauzalitate este important pentru întemeierea științifică a activităților umane.

5) Teoria cauzalității trebuie astăzi corelată cu teoria sistemelor și cu teoria informației. Evenimentul cauză imprimă o notă proprie evenimentului efect și stării finale rezultate din acesta. Adesea cercetarea științifică descifrează în evenimentul și în starea efect natura evenimentelor cauză, urmînd o traiectorie inversă cursului obiectiv al evenimentelor.

Pare ispititoare și instructivă o comparație între teoria probabilistă a cauzalității propuse de P. Suppes și teoria automatelor aleatoare.

6) Teoria cauzalității și a necesității fizice, respectiv analiza conceptului de lege nu poate fi ruptă de conceptul de întîmplare. Întîmplarea este o nedeterminare relativă. Numim, de regulă, întîmplător un eveniment sau o stare ce nu se obține ca o consecință fizică necesară dintr-o stare anterioară dată. După cum a rezultat din analiza logică întreprinsă în § 1 și termenul întîmplare sau contingență adăpostește mai multe concepte: contingență instanțială, contingență continuă, eveniment întîmplător produs în trecut, eveniment întîmplător în curs de realizare, întîmplare la nivelul sistemelor neînsuflețite și întîmplare la nivelul sistemelor vii, întîmplare favorabilă și nefavorabilă în activitățile umane;

7) Întîmplarea și necesitatea sau determinarea sînt concepte dialectice complementare și ele pot fi captate, după cum am văzut în § 1 și în capitolul de față, în aceleași cadre sau structuri conceptuale. Legea, observa Engels, își croiește drum prin noianul de necesități.

Este util să atragem atenția asupra interpretării probabiliste a teoriei *cauzei comune* a două sau mai multe fenomene simultane, dată de Suppes la sfîrșitul capitolului al II-lea și în anexa acestuia. Problema *cauzei comune* a fost semnalată inițial de Reichenbach și reactualizată în 1982, ca urmare a unei polemici dintre profesorii von Fraassen și Salmon.

3. *Certitudine și îndoială în cunoaștere*

Opțiunea epistemologică a lui Suppes este formulată răspicat. În teoria cunoașterii este un adept al empirismului probabilist și al unei specii de operaționalism sau proceduralism, distinct de operaționalismul clasic fondat de Bridgeman, și un critic fervent al raționalismului apriorist de factură kantiană sau pozitivist-logică. Într-o scrisoare către o prințesă germană, din 14 aprilie 1761, matematicianul elvețian Leonhard Euler (1707—1783) distingea trei accepții ale termenului de certitudine: *certitudinea fizică*, sau certitudinea actelor noastre perceptuale, *certitudinea logică*, sau demonstrativă și *certitudinea morală*. Citînd această clasificare a matematicianului elvețian, Suppes respinge toate cele trei accepții ale ideii de certitudine. În privința certitudinii percepției senzoriale, Suppes afirmă că reflectarea perceptuală nu este niciodată imediată, ci profund dependentă de cadrul conceptual prealabil; percepem și vedem ceea ce sîntem teoretic pregătiți să percepem și să observăm. În privința celei de-a doua specii de certitudine, Suppes crede că certitudinea pe care o găsim în matematică nu provine dintr-o considerare intuitivă sau apriori, ci din caracterul discret al operațiilor prin care putem verifica un anumit enunț. Criteriul efectiv pentru evaluarea unui fragment din matematică este în fapt un criteriu radical empiric. „Cînd trebuie spus ceva despre statutul adevărurilor matematice, cînd trebuie stabilită corectitudinea unui fragment din matematică, acest fapt este judecat după criterii empirice prin probele înfățișate direct în producerea matematicii și, în consecință, este temeiul etichetării matematicii ca o știință radical empirică" (p. 78). Empirismul radical al matematicii rezidă, așadar, în întemeierea enunțurilor pe succesiuni de operații de calcul, în caracterul constructiv al demonstrațiilor matematice. Această viziune a lui Suppes asupra temeiurilor empirice ale matematicii trebuie corelată cu semantica procedurală adoptată în concepția sa despre limbile naturale

și despre cele artificiale. Și într-un caz și în altul avem de-a face cu derulări de operații, proceduri și rutine prin care ajungem la anumite rezultate semnificative.

Dar se cuvine să observăm că limbajul matematicii, ca orice alt limbaj, are și o dimensiune semantică — semnele matematicii reflectă obiecte abstracte sau reprezentări și concepte acceptate de subiectul cunoscător, și în raport cu acestea, operațiile și procedurile „empirice" nu sînt decît mijloace. Matematica nu este numai manipulare de semne grafice sau sonore, ci și proces de gîndire intimă, nerostită a matematicianului, dinamică și prefigurație mentală, interogație și decizie, tentativă și corecție, mereu iterate pînă la găsirea soluției finale.

În cel de-al treilea sens, certitudinea nu poate fi atinsă, pentru că în orice cercetare experimentală intervin erori de măsurare. Acest fapt a fost observat de mult timp. Simpson, Lagrange, Laplace, Gauss și alții nu numai că au conștientizat apariția erorilor de măsurare, dar au și dezvoltat metode matematice adecvate de analiză și eliminare a erorilor din operațiile de măsurare. Erorile erau admise ca o realitate indezirabilă, dar se credea în existența unor valori reale, autentice ale parametrilor fizici pe care noi încercăm să-i determinăm. Suppes, în opoziție cu această opinie, crede că nu e nici o speranță să ducem la bun sfîrșit un program prin care să obținem valorile adevărate ale unor cantități fizice continue, din cauza subtilității și complexității cauzelor ce interacționează.

Teza inaccesibilității certitudinii în cunoaștere, fără a duce la concluzii agnostice, este susținută de Suppes cu argumente din mecanica cuantică, invocînd în acest scop unele cercetări ale sale mai vechi (1966) privind argumentele probabiliste în favoarea unei logici neclasice a mecanicii cuantice.

Considerațiile lui P. Suppes pe marginea conceptelor de certitudine și incertitudine în cunoaștere suscită și alte observații.

Prima problemă care se ridică este cea a determinării naturii obiectelor despre care afirmăm că sînt certe sau incerte. Ce sînt incerte: enunțurile acceptate și exprimate de un subiect cunoscător oarecare, elev, student sau cercetător științific individual sau sînt incerte enunțurile disciplinelor științifice înregistrate în tratate, indiferent de autorul și domeniul lor? Despre ce obiecte enunțăm predicatele de cert și incert? Sînt certitudinea și respectiv îndoiala sau incertitudinea stări psihice lăuntrice și atitudini ale subiectului cunoscător sau proprietăți impersonale ale conținutului informațional al enunțurilor științifice? Dacă adoptăm prima alternativă, atunci problema certitudinii și incertitudinii devine o problemă de psihologia cunoașterii sau de logică a atitudinilor psiho-cognitive, de tipul logicilor epistemice propuse de Jaakko Hintikka, Nicholas Rescher, R. Chisholm, Kostiuk, Rantala, Gerasimova etc. Dacă adoptăm cea de-a doua alternativă, și Suppes pare a înclina spre aceasta, atunci certitudinea și incertitudinea par a viza gradul de adecvare a enunțurilor și operațiilor noastre cognitive la natura obiectului fizic-natural, tehnic și social supus cercetării. În acest caz, problema certitudinii și incertitudinii se reduce la problema clasică a adecvării teoriei la realitate, la failibilitatea sau infailibilitatea cunoașterii umane, la căile și tehnicile de depistare a erorilor din măsurători și calcul etc.

Întrucît orice performanță cognitivă este realizată de un agent cunoscător care manifestă în raport cu enunțurile ce-i sînt propuse acorduri și adeziuni depline, atitudini expectative sau de îndoială sau respingeri vehemente, este util să cercetăm, mai întîi, în limbajul logicii modale atitudinile epistemice ale subiecților cunoscători față de un conținut informațional dat. Fie a, b, c agenți epistemici, p, q, r ... conținuturi informaționale sau aserțiuni și K un operator modal diadic. Atunci atitudinile epistemice pe care le va putea adopta un agent a față de un conținut informațional p (la un moment dat t) vor fi cea

de acceptare deplină sau certitudine epistemică Kap, de tolerabilitate epistemică Pap, de îndoială Dap, de tolerabilitate epistemică a negației lui p, Pa-p, și de respingere epistemică Ka-p.

Admițînd ca primitiv pe Kap, „a ști că p" putem defini ceilalți functori epistemici derivați:

DK1 $Pap = -Ka-p$ DK3 $Fap = Pa-p$

DK2 $Dap = Pap \,\&\, Pa-p$ DK4 $Rap = Ka-p$

DK5 $Cap = Kap \vee Ka-p$

Definițiile DK1-DK5 introduc în ordine tolerabilitatea sau plauzibilitatea lui p în raport cu tot ce știe a, îndoiala, tolerabilitatea negației, respingerea și certitudinea.

Spectrul atitudinilor epistemice este {Kap, Pap, Dap, Fap, Rap}. Relațiile dintre acești operatori epistemici pot fi evidențiate grafic printr-un hexagon logic care va avea Kap și Rap în colțurile superioare ale pătratului și Pap și Fap în colțurile inferioare. Cap va fi plasat în vîrful superior al hexagonului iar Dap în cel inferior. Sînt satisfăcute exigențele pătratului logic și ale celor două triunghiuri (al incompatibilităților și al disjuncțiilor inclusive).

Certitudinea ne apare ca un caz de rezolvare a problemei, cînd agentul știe dacă are loc p sau -p. Dimpotrivă, îndoiala ne apare ca un caz de punere a unei probleme, cînd agentul nu știe dacă are loc p și nu știe dacă are loc non p.

Spectrul atitudinilor epistemice poate fi interpretat și probabilist: extremele vor desemna evenimentul cert pozitiv și negativ, centrul, sau Dap, cazul cînd atît p cît și non p au probabilitatea 1/2, iar Pap situațiile cînd p are o probabilitate mai mare de 1/2, Pa-p situațiile cînd p are o probabilitate mai mică de 1/2.

Dacă la functorii epistemici dați anterior vom introduce un simbol distinct pentru operația de asertare de către un agent a unei propoziții Aap, „a afirmă că p", atunci vom putea dezvolta o

teorie formală a conduitelor verbale ale agenților. În acest sistem modal mixt epistemico-asertoric vom putea compara comportamentul lexical-asertoric al agenților cu atitudinile lor epistemico-doxastice. Între altele, vom putea defini conceptele de sinceritate și minciună ca specii de concordanță și respectiv neconcordanță între comportamentul lexical asertoric și angajările epistemico-doxastice.

Este important să observăm că operația de asertare îl leagă pe subiectul cunoscător, atît cu lumea experiențelor și convingerilor sale intime, cît și cu lumea obiectelor din afară, cu realitatea obiectivă despre care știința pretinde a ne transmite ceva. Primul raport ne conduce la problema certitudinilor și îndoielilor subiective și corespunzător la probabilitățile subiective. Cel de-al doilea ne conduce la problema clasică a veridicității cunoștințelor noastre, a adecvării și inadecvării lor și corespunzător la interpretarea obiectivă a probabilităților.

Ambele domenii trebuie tratate dintr-o perspectivă temporală, dinamică, istorică. Atît la nivelul stărilor cognitive interne, cît și la nivel de grup sau colectiv, cunoașterea este un proces istoric complex ce presupune identificare sau definire de probleme, emitere de ipoteze, testări, măsurători și calcule, dobîndirea de noi rezultate, evaluarea și interpretarea acestora, acte de comunicare interumană, confirmări și respingeri, redefiniri de noi probleme. Îndoiala și certitudinea, entuziasmul și deprimarea alternează la unul și același subiect cunoscător, de la o etapă la alta a cercetării, în funcție de confirmarea sau neconfirmarea ipotezelor emise, de atingerea scopurilor asumate sau de năruirea iluziilor sau credințelor eronate.

Cercetătorii științifici nu sînt ființe infailibile, supraoameni, ci oameni care încearcă, eșuează și reușesc să rezolve probleme; ei construiesc, dărîmă și refac edificiul științelor, tinzînd mereu la desubiectivizarea conținutului cunoașterii, la ceea ce în filosofia modernă numim adevăr

obiectiv. Experimentul și calculul, aplicarea rezultatelor cercetării și activitățile tehnico-productive sînt căile istoricește stabilite prin care cunoașterea se depersonalizează, devine produs social istoric, durabil și peren, dar nu etern. O filozofie adecvată a cunoașterii respinge, deopotrivă, certitudinile absolute de natură metafizică și dogmatică și relativismul și scepticismul față de capacitatea de cunoaștere a speciei umane. Dogmaticii au mai multe certitudini decît cunoștințe, închid ochii față de realizările recente ale științelor, fac din știință rutină intelectuală și credință. Dimpotrivă, scepticii și relativiștii ignoră stabilitatea relativă a cunoașterii, adecvarea ei la natura obiectului cercetat, durabilitatea și obiectivitatea cunoașterii științifice.

4. *Unitate și diversitate în cunoașterea științifică. Istoricitatea cunoașterii*

Patrick Suppes face o analiză critică a tezelor pozitivismului logic asupra unității științei, apărate de Otto Neurath, Rudolf Carnap și Charles W. Morris, precum și de alți reprezentanți de mai tîrziu.

Potrivit doctrinei fizicaliste, științele sînt unitare datorită reductibilității, în principiu, a fenomenelor chimice la cele fizice, a celor biologice la cele chimice și fizice. La rîndul lor, procesele mentale, psihice trebuie explicate prin reducerea lor la procese neurofiziologice, care, avînd temeiuri biologice, sînt, în ultimă instanță, reductibile tot la procese fizice. Chiar dacă este rezonabil să admitem că unele procese biologice, cum ar fi, de exemplu, metabolismul, pot fi înțelese utilizînd, între altele, cunoștințe de chimie și de fizică, teoria sistemelor ne-a arătat că agregarea și complexitatea, mediate de fenomene informaționale și de autoreglare, nu sînt compatibile cu perspectiva analitico-simplistă a fizicalismului.

Respingerea tezei unității științei este făcută de Suppes sistematic, cercetîndu-se pe rînd argumentele privind limbajul științelor, problemele sau obiectul de cercetare și metodele de investigare.

Știința nu e unitară în sensul că ar exista o singură știință. Acceptăm ideea unității științei în sensul existenței unor interacțiuni și vase comunicante între disciplinele științifice. Principiile și legile descoperite într-o disciplină științifică se aplică într-o disciplină limitrofă. Rezultatele fizicii sînt relevante pentru chimie; ale chimiei pentru biologie, ale biologiei pentru medicină și agronomie. Nu putem astăzi contesta robustețea disciplinelor „de graniță", cum sînt chimia fizică, biofizica, biochimia, geofizica, astrofizica etc. Trecerea dintr-o disciplină științifică într-alta se face liber, fără pașaport și taxe vamale. Mai mult decît transferul de legi și principii au loc împrumuturi de tehnici și metode, de instrumente și aparatură. Cercetarea este o specie de activitate umană și activitățile umane se supun diviziunii sociale a muncii și formelor de cooperare interumană.

Tendințele de integrare sînt atestate de apariția unor discipline științifice a căror vocație este identificarea notelor de unitate și sinteză. Avem în vedere unele discipline cum sînt teoria sistemelor, inclusiv cibernetica și teoria informației, semantica și lingvistica matematică, logica și metodologia, praxiologia, inclusiv teoria organizării și conducerii sistemelor economice, disciplinele computaționale, inclusiv inteligența artificială. Matematica însăși acționează ca un liant între disciplinele fizice, tehnice și socioumane, căci ea pune în lumină izomorfisme și structuri, relații de ordine și de simetrie, îngăduie descrierea generală și abstractă a acestora, furnizînd astfel științelor instrumente de lucru și cadre conceptuale. Nu vom intra în detaliile argumentelor furnizate de aceste discipline ci vom evidenția doar faptul că ele secționează și cercetează obiectul cunoașterii sub un alt unghi, că pun în lumină dimensiuni și

însușiri noi ale lumii reale, că acestora le asociază concepte și relații abstracte pe care le prelucrează la nivel sintactic, iar rezultatelor calculelor li se conferă interpretări sau modele din lumea reală.

Diferențierea și integrarea sînt două tendințe dialectice, polare în dezvoltarea științelor contemporane și ar fi greșit să absolutizăm vreuna dintre ele. Suppes este îndreptățit să constate eșecul proiectului pozitivist logic de unificare a științelor pe temeiul limbajului lor. Dar ar fi păgubitor să nu vedem că eșecul proiectului metafizic a fost însoțit de remarcabile împliniri în planul logicii formale și metodologiei cunoașterii științifice. Au fost clarificate multe probleme legate de sintaxa și semantica logică, s-a dezvoltat teoria modelelor, logicile modale, metodologia științelor experimentale, teoria sistemelor axiomatice, metalogica etc. În științe și în activitățile umane se întîmplă uneori să nu ne atingem scopul asumat, dar să descoperim și să rezolvăm, în schimb, alte probleme, pe care nu ni le-am propus inițial. În definitiv, Columb nu și-a atins scopul de a descoperi o nouă cale spre Indii, dar a descoperit continentul american. Sînt și în cunoaștere eșecuri productive.

Am menționat mai sus cîteva discipline a căror vocație este gîndirea abstractă, sinteza și integralitatea. La acestea trebuie să adăugăm vocația critic-analitică și sintactic unificatoare a filozofiei. Filosofia, logica, metodologia și epistemologia cercetează astăzi sub multiple fațete geneza și dinamica științelor, fundalul sociocultural și funcțiile acestora în lumea contemporană, contradicțiile cunoașterii, corelația dintre relativ și absolut, dintre individual și social, dintre unitate și diversitate în descrierea științelor.

Acceptarea determinismului de tip laplaceean, observă Suppes, atrage după sine și supoziția caracterului complet al cunoașterii umane. Problema completitudinii cunoașterii devine mai puțin banală în alte versiuni ale determinismului care admit, de exemplu, acțiunea la distanță sau definesc mai puțin rigid cauzalitatea. Ideea com-

pletitudinii cunoașterii se sprijină adesea și pe teza uniformității naturii apărată odinioară de John Stuart Mill.

Sînt trecute în revistă: problema completitudinii în logica predicatelor de ordinul întîi, completitudinea teoriilor științifice formalizate, completitudinea teoriei mulțimilor în aritmetică, în geometrie.

Poziția finală a lui Suppes este aceea că „pare cu totul impropriu, improbabil și în multe privințe absurd să ne așteptăm ca teoriile ce acoperă o zonă largă de experiență, și în cazurile extreme întreaga experiență, să aibă un grad înalt de completitudine".

5. *Interpretări probabiliste ale limbajului și conduitei raționale*

Ultimele două capitole sînt consacrate penetrației conceptelor și metodelor probabiliste în înțelegerea fenomenului lingvistic și în întemeierea deciziei și comportamentului rațional. Suppes nu face aici o simplă pledoarie pentru aplicarea metodelor statistice și probabiliste, ci propune o nouă strategie, un nou demers în investigația fenomenului comunicării în limbile naturale. Elementul nou este ideea de procedură sau rutină și tentativa de a construi o semantică procedurală. Secvența de operații adoptate de un agent într-un context dat pentru decodificarea unui termen sau a unei propoziții devine primordială. Înțelesul unui termen, al unei descripții sau al unei propoziții se obține prin apelul la procedurile pe care le are un agent. Limba publică, semnele comune se obțin din cele individuale printr-un proces de abstractizare, în concordanță cu diferite tipuri de relații de congruență.

Un înalt grad de probabilitate a unei comunicări încununate de succes depinde de identificarea unui cuvînt sau fraze rostite de către emitent și receptate de interlocutor ca fiind aceiași sau vizînd expresii congruente, de evocarea prin pro-

cedurile utilizate de către cei doi agenți a aceluiași rezultat, de utilizarea unor „chei" sau mijloace pentru verificarea identificării acelorași rezultate, de utilizarea unor parafraze pentru confirmarea captării aceluiași înțeles.

Există și eșecuri în actul comunicării. Cuvintele rostite de mine pot să nu acopere intenția mea psihic-internă; chiar dacă cuvintele mele îmi „traduc" starea mea psihic-internă, interlocutorul poate să nu le confere, prin procedurile sale de decodificare, același înțeles. Chiar în situația fericită în care interlocutorul a captat semnificația vehiculată prin semnul lingvistic, emitentul poate să nu fi receptat „cheia" prin care acesta face explicit mesajul primit. Pentru toate aceste motive, comunicarea îi apare lui Suppes ca un fenomen probabilist și, în consecință, gramatica însăși trebuie abordată probabilist.

Suppes crede că semantica asamblistă sau a lumilor posibile poate fi obținută din semantica sa procedurală. Inspirația semanticii procedurale din teoria limbajelor de programare pare evidentă. Dar Suppes enumeră o serie de deosebiri esențiale între procedurile semantice umane și subrutinele unui calculator, ființa umană nu este un simplu automat ce generează proceduri, așa cum un automat generează expresiile unui anumit limbaj formal definit printr-o gramatică generativă. Procedurile umane sînt supuse unei permanente modificări, sînt conectate cu activitățile perceptive și cu cele motorii, sînt esențialmente continue, nu discrete, sînt legate de viața emoțională și de motivațiile persoanei umane, comportă capacitatea de învățare, de înnoire și de creativitate.

Conceptul de *procedură* este esențial și în teoria propusă de Suppes pentru ideea de raționalitate. Suppes distinge două accepții de bază ale acestui concept. O decizie sau o acțiune umană este *rațională* dacă și numai dacă maximizează utilitatea așteptată de către agentul decident. Istoric, perspectiva utilitaristă vine de la filozoful englez J. Bentham (1748—1832), trece prin teoria jocurilor creată de John von Neumann și Oscar

Morgenstern, care definesc funcțiile de utilitate și asimilează componenta probabilistă a evenimentelor naturale, fiind continuată de diferite forme de logica preferințelor (B. Hansson, R. Chisholm, R. Sosa, R. M. Martin, von Wright etc.).

Teza lui Suppes este aceea că teoria raționalității este intrinsec probabilistă prin faptul că maximizarea utilității este controlată și de probabilitatea cu care se produce o anumită alternativă sau curs de evenimente. Componenta procedurală intervine în teoria raționalității sub forma seriei de operații sau a conduitei ce duce la atingerea stării finale dezirabile.

Cea de-a doua accepție majoră a termenului de raționalitate este dată de Aristotel în lucrările „De Motu Animalium" și „Etica Nichomahică". În acest sens, comportamentul unui om este rațional dacă acționează în concordanță cu scopul pe care îl are în vedere. Acest sens de rationalitate a fost cercetat de von Wright și alții sub denumirea de logica discursului practic. Suppes vede în această orientare aristotelică un fel de „dinamică calitativă a raționalității" (p. 185). Suppes susține că aceste două accepții majore ale ideii de rațională în decizia și comportamentul uman ilustrează spiritul pluralist al cunoașterii științifice contemporane. Avem temeiuri să ne îndoim de caracterul necesar pluralist al teoriilor despre rationalitate sau cel puțin al existenței neapărat separate a celor două accepții menționate de Suppes.

Logicianul polon Klemens Szaniawski [6] a semnalat înaintea lui P. Suppes cele două accepții ale ideii de rațională, cea a teoriei deciziei de inspirație probabilist-bayesiană și cea a logicii discursului practic de inspirație aristotelică și constînd în adecvarea „mijloacelor" la scopuri.

Prima cercetează alegerea conduitelor umane în condițiile cunoașterii imperfecte a consecințelor acestora, iar cea de-a doua apreciază ca

[6] Klemens Szaniawski. *Remarks on decision. Theoretic concept of rationality*, 16 Weltkongress für Philosophie 1978, S. 607—610.

raționale acele conduite care sînt adecvate scopurilor asumate de agenți. Vocabularul primitiv al primei teorii se reduce la un set A de acte sau conduite, o mulțime de stări mutual disjuncte S și o funcție cu valori în $\mathbb{R}$ definită pe produsul $A \times S$. Teoria deciziei raționale se sprijină, deci, pe o structură relativ simplă $D = <A, S, u>$. În acest cadru, vom numi rațională o decizie ce maximizează valoarea așteptată de agent, dată fiind estimarea de către agent a probabilității producerii evenimentului. Demn de reținut este faptul că în această teorie a raționalității intervine o componentă subiectivă generată de estimarea de către agent a probabilității producerii unui eveniment. Teoria raționalității deciziei se întemeiază, între altele, pe o interpretare subiectivă a ideii de probabilitate.

Raționalitatea, subliniază K. Szaniawski, este identificată cu comportarea în concordanță cu o ierarhie a valorilor.

Conceptul de rațională utilizat în teoria deciziei nu utilizează ideile de scop și de mijloc. Pe de altă parte, teoria aristotelică a raționalității nu utilizează noțiunile de alegere, stare și utilitate și nici nu vorbește de existența unor factori aleatori, necontrolați de agentul uman.

Cele două viziuni pot fi apropiate. Partizanii teoriei deciziei pot susține că ideea de scop este exprimată într-un mod specific prin funcția de utilitate, căci valoarea acesteia u (a, s) exprimă numeric gradul de apropiere a rezultatului acțiunii de ceea ce agentul dorește să se întîmple. În acest caz, efectuarea acțiunii *a* devine un mijloc pentru realizarea scopului, iar variabila s necontrolabilă în teoria deciziei, poate fi fixată și atunci dispare incertitudinea. În aceste condiții vom putea spune că o conduită *a*, dată fiind starea s, este adecvată sau rațională dacă și numai dacă maximizează funcția de utilitate u.

Dar, observă cu pătrundere K. Szaniawski, noi nu putem reconstitui scopul agentului din analiza funcției de utilitate, fie și numai pentru faptul că agentul evaluează utilitatea unei conduite după

meritul sau contribuția acesteia la atingerea ideii sale intuitive de scop sau obiectiv. Utilitatea apare astfel ca un concept derivat, subordonat ideilor de scop și valoare. Cunoașterea funcției de utilitate nu este suficientă pentru reconstrucția ideii de scop.

Interpretarea raționalității din perspectiva teoriei deciziei este larg răspîndită în științele economice. Mulți autori, admițînd dublul caracter al științelor economice, descriptiv și prescriptiv, înclină să caracterizeze științele economice ca teorie a conduitei raționale. Rostul cercetării economice este întemeierea deciziei, garantarea unei decizii raționale.

Profesorul Herbert Simon, laureat al premiului Nobel, critică teoria clasică a raționalității care neglijează circumstanțele acțiunii și capacitatea de calcul a agentului, propunînd în locul teoriei clasice a conduitei raționale o teorie a raționalității constrînse (bound rationality).

Teoria economică neoclasică, observa Simon, are în centrul ei noțiunea de alegere dintr-o mulțime de alternative după criteriul funcției de utilitate. Dar teoria nu explică originile alternativelor, conținutul funcției de utilitate, nici ierarhia criteriilor, nici prin ce mijloace de calcul sînt conectate conduitele alternative cu consecințele lor. Toți acești factori neexplicați de teoria neoclasică sînt extrem de importanți pentru înțelegerea conduitei economice în lumea reală.

Teoria raționalității trebuie să țină seama, deopotrivă, de limitele operațional performative ale sistemului și de limitele computaționale, de capacitatea de analiză și explicare a soluțiilor alternative. O teorie a conduitei raționale trebuie să cerceteze limitele capacității de calcul și modul în care sînt identificate și trăite conduitele alternative. Ca și cea tehnico-productivă, activitatea economică vizează explorarea și proiectarea orizontului creațiilor artificiale. Alternativele economice nu sînt date fizic-naturale luate dintr-un

tratat, ci descoperite, proiectate și inventate de teoretician și decident în procesul pregătirii deciziei.

După H. Simon nu este suficient să construim o teorie a raționalității perfecte, avînd un grad înalt de idealizare și apoi să-i anexăm unele mecanisme formale prin care să introducem ideea de incertitudine. Trebuie să ținem seama de la început de factorii de incertitudine, să minuim pe baza unor expectații raționale incertitudinea, să construim un generator de alternative și un mecanism de evaluare și triere a acestora conform obiectivului determinat al acțiunii. Metodele euristice și tehnicile de inteligență artificială vor juca un rol decisiv în identificarea alternativelor, în explorarea secvențelor de operații ce conduc la atingerea scopurilor cu mijloace economicoase, accesibile agentului executiv [7].

Teoria raționalității activităților umane trebuie să asimileze noi concepte de natură praxiologică, să devină mai apropiată de circumstanțele, mijloacele și obiectivele activităților umane.

În limbajul logicii modalităților operaționale am putut defini un concept unitar de raționalitate, care reține deopotrivă accepția utilitaristă și cea aristotelică [8]. Mai mult, au fost încorporate exigențe suplimentare pentru ideea de raționalitate, distingîndu-se între raționalitatea imediată și cea strategică și postulîndu-se controlul raționalității imediate de către cea strategică. Totodată, au fost luate în considerație cerința compatibilității comportamentului agentului cu prescripțiile normative, precum și cu nivelul sau capacitatea sa operațională etc.

---

[7] V. Herbert A. Simon. *Methodological Foundation of Economics*. în *Praxiology and the Philosophy of Economics*, Warsaw 1—6 sept. 1988.

[8] Cornel Popa, *Logic of Action and Rational Conduct*, Rev. Roum. Sc. Soc. Phil. et Log. Tome 28, nr. 3—4 1984, p. 312—316; Scop, program și conduită rațională, Rev. de filos. nr. 5 1984, p. 419—424. V., de asemenea, *Praxiology, logic of action and rationality of human activity*, Praxiology and the Philosophy of Economics, Warsaw, 1—6 sept 1988.

Teoria conduitei raționale, trebuie, între altele, să ia în considerare abilitatea sau competența operațională a agenților. O conduită cerută unui agent într-o circumstanță dată trebuie să facă parte din repertoarul de acțiuni realizabile al acestuia. În același timp, teoria conduitelor raționale trebuie să garanteze compatibilitatea și armonizarea secvențelor de acte și conduite urmate de diferite grupuri de agenți.

În viziunea noastră, conduita rațională presupune eficacitatea sau concordanța dintre rezultatul execuției și scop. În plus, așa cum am văzut, în teoria clasică a deciziei ea presupune eficiența activităților umane: valoarea nou creată prin atingerea stării scop trebuie să fie mai mare decît costul operațiilor și resurselor utilizate pentru atingerea stării finale.

Cartea lui P. Suppes *Metafizica probabilistă* reia într-o manieră modernă o serie de probleme inițiate de metafizica aristotelică, se delimitează critic de unele idei de largă circulație din filozofia actuală a științei și pledează sistematic pentru reconstrucția discursului filozofic pe baza achizițiilor experimentului științific modern. Suppes atacă speculația teoretico-rațională de tip kantian sau neopozitivist, argumentează în favoarea rolului decisiv al practicii, al experiențelor și măsurătorilor și susține introducerea unei perspective probabiliste în ontologie și determinism, în teoria cunoașterii, în filosofia limbajului, în teoria deciziei și a comportamentului uman.

Cartea rezumă o experiență de cercetare și reflecție de aproape patru decenii asupra problemelor majore ale filosofiei, logicii și metodologiei științei, dovedește vigoare, originalitate și forță expresivă. Este respinsă închistarea metafizică și sînt criticate dogmele filozofiei pozitivist-logice, sînt asimilate achiziții recente ale cunoașterii științifice. Pentru toate aceste motive cartea lui P. Suppes *Metafizica probabilistă* se înscrie ca un eveniment editorial remarcabil pentru literatura logico-filosofică.

CORNEL POPA

Notă asupra ediţiei

Cartea lui Patrick Suppes pe care o prezentăm acum cititorului român poate fi apreciată drept *simptomatică*, atît pentru un anumit mod, foarte actual, de a conceptualiza experienţa acumulată în cele mai diverse domenii, cît şi pentru un tip de preocupări filosofice inspirate de ştiinţa contemporană. În ceea ce priveşte primul aspect, obiectivul declarat al autorului este acela de a transforma acest mod nou de conceptualizare într-o veritabilă „metafizică probabilistă". Chiar în *Introducere* — paragraful *Fiinţă şi materie* — se face precizarea că metafizica probabilistă trebuie concepută ca o extindere a metafiziciii descriptive de tip aristotelic. Această recunoaştere explicită a aderării autorului la idealul metafilosofic al lui Aristotel obligă pe traducător să redea expresia originală „metaphysics" prin echivalentul consacrat „metafizică". Pentru cititorul român obişnuit cu alte accepţii ale termenului, este însă necesară sublinierea că expresia în cauză nu are, la Suppes, sensul familiar care provine din opoziţia ce se face îndeobşte între metafizică şi dialectică, ci are sensul tradiţional inspirat de înţelegerea metafizicii ca „o încercare de a organiza cele mai generale şi, în acelaşi timp, cele mai semnificative aspecte ale experienţei".

O altă neconcordanță de accepții în legătură cu care cititorul trebuie neapărat prevenit, în ea fiind implicate concepte absolut fundamentale pentru demersul de față, este cea legată de cuplul „determinism - indeterminism". Patrick Suppes, ca, de altfel, majoritatea filosofilor occidentali și, totodată, ca mulți dintre oamenii de știință, înțelege prin „determinism" exclusiv determinismul *strict*, de tip laplaceean, concepție care , nerecunoscînd existența fenomenelor intrinsec aleatoare, *afirmă categoric* posibilitatea principială a unei previzibilități complete, absolute, a tot ceea ce se petrece în univers. Dimpotrivă, prin „indeterminism" autorul desemnează concepțiile care atribuie întîmplării un loc real în desfășurarea evenimentelor, care recunosc, pur și simplu, existența aleatorului (a imprevizibilului) în univers. Aceste accepții nu corespund cu cele utilizate în literatura filosofică românească din ultimele patru decenii, în care termenul „determinism" acoperă o serie mai amplă de concepții, iar cel de „indeterminism" viziunea conform căreia „totul este întîmplător și nimic nu este necesar", un mod de a vedea extremist, mult mai radical decît cel avansat de autorul american. Bineînțeles, așa cum reiese și din numeroase pasaje ale cărții, Suppes nu se angajează în apărarea unui asemenea tip de indeterminism. Înțelegerea exactă a poziției sale și a semnificației afirmațiilor cuprinse în lucrare necesită sesizarea faptului că pledoariile făcute sînt în fond pledoarii pentru o mai corectă recunoaștere a existenței și importanței fenomenelor aleatoare în lumea reală. Dificultățile care pot apărea datorită incompatibilității dintre așteptările semantice ale cititorului român și uzanțele semantice ale autorului american nu au putut fi prevenite, din păcate, altfel decît prin acest avertisment sumar.

Dificultăți apreciabile de traducere au ridicat și o serie de termeni filosofici specifici literaturii anglo-saxone dar mai puțin uzitați în literatura noastră. Bunăoară, nu există în limba română

un echivalent exact al expresiei „evidence", care este foarte mult folosită în filosofia engleză și americană, avînd un statut conceptual absolut central. „Evidență" ar fi fost un corespondent vag și ambiguu, de aceea, în cele mai multe cazuri, am preferat echivalentul calificat „evidență empirică". În alte contexte însă, aceeași expresie a trebuit tradusă prin „date" sau „dovezi empirice". Este important de reținut faptul că, de regulă, expresia „evidence"nu se referă la evidența de tip psihologic asociată unei idei, ci la acele elemente concrete pe care experiența le furnizează la un moment dat cunoașterii teoretice ca indicii empirice.

Necesită unele precizări și termenul „belief" care nu este, în literatura epistemologică și filosofică, rezervat desemnării credințelor de tip religios, ci se referă, în general, la atitudinea epistemică proprie celui care consideră că un anumit enunț este adevărat sau are o anumită probabilitate. Am tradus „belief" prin „credință", care, în cele mai multe cazuri, sună mai natural decît „opinie". Accepția la care facem apel aici, deși nu la fel de frecventă în limba română ca în limba engleză, nu are totuși nimic forțat în ea.

Termenul „mind" a fost tradus cu „minte" pentru a evidenția apartenența acestui concept la o problematică filosofică și neuro-psihologică specifică: aceea a studierii raportului dintre fenomenele *mentale* (senzoriale, cognitive, volitive, afective etc.) și baza lor neurală. Alte traduceri posibile (de exemplu, „spirit", „conștiință", „psihic") redau o accepție prea îngustă (mentalul include și procesele neconștiente) sau trimit la contexte teoretice improprii (de exemplu, la psihologie în sensul clasic sau la diferite interpretări de sorginte spiritualistă). Această precizare oarecum pedantă nu interzice, desigur, apariția în text a termenului „mind" și în sensul lui larg, comun, vizat în mod global de alte traduceri românești.

Termenul „judgment" are la Suppes sensul de „judecată intuitivă", el fiind de regulă folosit în încercarea de a delimita chestiunile care rămîn

la latitudinea aprecierii intuitive de cele care se pot demonstra științific sau calcula într-o manieră standardizată teoretic. În unele cazuri, mai ales în primele capitole, contextul a permis chiar echivalarea lui „judgment" cu „apreciere".

Menționam la începutul acestei note legătura strînsă dintre demersul filosofic întreprins de Suppes și știința contemporană. Tocmai rolul extrem de mare pe care îl joacă gîndirea științifică în cadrul investigațiilor „metafizicii probabiliste" este sursa unei categorii de dificultăți cu care se confruntă traducătorul, dificultăți legate de caracterul foarte tehnic al unor pasaje și, mai ales, de faptul că itinerarul teoretic parcurs de autor trece prin domenii atît de diferite cum sînt fizica, lingvistica, teoria probabilităților și statistica matematică, teoria calculatoarelor, teoria jocurilor, ca să nu mai vorbim de scurtele incursiuni făcute în biologie, logică sau economie. Caracterul neobișnuit de divers al materialului ideatic — căci nu deseori pot fi întîlnite în aceeași lucrare un citat din Aristotel și o prezentare a paradoxului Einstein-Podolsky-Rosen din mecanica cuantică, un extras din Hume și o dezvoltare formală a unor teoreme matematice, sau un pasaj din Kant și un studiu statistic despre influența vitaminei A asupra evoluției unei boli — a impus conlucrarea traducătorilor cu mai mulți specialiști care au avut bunăvoința de a verifica și corecta echivalarea terminologiei științifice folosite în original. Este nu numai datoria, dar și plăcerea noastră de a mulțumi și pe această cale fizicianului Paul Sterian, lingvistului Emanuel Vasiliu, matematicienilor Gheorghe Păun, Gheorghe Zbăganu și Vasile Brînzănescu, precum și inginerului automatist Petre Stoica pentru ajutorul acordat cu generozitate.

În lucrarea lui Suppes apare întreaga varietate de expresii utilizate în literatura de limbă engleză pentru a desemna diversele unități de limbaj. „Proposition", tradusă prin „propoziție", se referă la conținutul informațional vehiculat prin intermediul unei expresii lingvistice compuse; „statement", tradus prin „enunț", desem-

nează o propoziție declarativă susceptibilă de adevăr/fals; „sentence", tradus prin „expresie propozițională", desemnează forma lingvistică specifică prin care se exprimă o propoziție; „assertion", echivalent cu „aserțiune", desemnează o afirmație sau o negație; „phrase", tradus prin „frază", se referă la propozițiile complexe (în sens gramatical); „utterance", tradus prin „rostire", se referă, în mod foarte general, la o succesiune de foneme; în sfîrșit, „expression" a fost echivalat cu „expresie".

Distincția logico-lingvistică „type-token", binecunoscută în semiotica anglo-saxonă, a fost transpusă prin distincția „tip (general)/instanță particulară," „Word-type" a fost tradus prin „cuvînt-tip"; „word-token", prin „cuvînt-instanță (particulară)"; „sentence-type", prin „expresie propozițională-tip"; „sentence-token", prin „expresie propozițională-instanță". Prin „expresie propozițională - instanță" se înțelege o mulțime particulară de semne (eventual sunete) care apar la un moment dat sau care durează o anumită perioadă de timp; o „expresie propozițională-tip" este o configurație de semne (sunete) care are un înțeles, în sensul că se poate afirma că aceeași configurație apare de mai multe ori. Evident, prima reprezintă instanțializarea celei de-a doua.

Termenul semantic central „meaning" a fost tradus prin „înțeles" și nu prin „semnificație" (care este mai ambiguu) sau prin „sens" (care echivalează expresia englezească „sense").

O mențiune specială trebuie făcută în legătură cu aspectul stilistic al cărții de față. Faptul că ea provine dintr-o serie de conferințe, deci are la origine o variantă orală, nu a rămas fără urmări. În textul cărții lui Suppes pot fi regăsite numeroase particularități ale stilului oral, mai ales formulări expeditive, fraze eliptice și exprimări a căror inteligibilitate este favorizată de contactul personal dintre vorbitor și ascultător. În unele cazuri, trecerea de la o idee la alta se face foarte brusc, fără preocuparea de a indica

legăturile existente sau firul conducător urmărit. Ca mulți autori americani, de altfel, Patrick Suppes adoptă o atitudine destul de nonșalantă față de prescripțiile stilului literar și de cele ale stilului academic. Această atitudine explică nu numai prezența unor expresii aparținînd diverselor jargoane și chiar argoului, ci și prezența unor formulări a căror coerență conceptuală ar mai fi putut fi îmbunătățită sau a unor exprimări parțial improprii. În legătură cu toate acestea, atitudinea noastră a fost următoarea: în contextele în care am avut convingerea că particularitățile stilistice ale originalului impietează asupra inteligibilității versiunii românești, am efectuat modificări destinate să asigure claritatea și coerența traducerii noastre; în schimb, în contextele în care particularitățile respective nu afectau în mod semnificativ inteligibilitatea textului, am evitat să facem schimbări substanțiale. În general, nu am fost preocupați să intervenim masiv exclusiv de dragul ameliorării stilistice a textului oferit de Suppes, neavînd convingerea că ar fi de datoria traducătorului să prezinte totdeauna o versiune „înfrumusețată" față de original, și aceasta chiar în cazuri ca acela de față, în care autorul adoptă deliberat stilul științific, dezinteresîndu-se de subtilitățile esteticii discursului. Opțiunea pentru fidelitate față de stilul textului original nu este inspirată de o strategie a efortului minim: experiența actului de traducere arată că, dimpotrivă, tactica „înfrumusețării" discursului este cea mai facilă — înlocuirea sistematică a formulărilor particulare, non-standard, din original cu formulări literare standardizate este fără îndoială soluția cea mai ușoară de transpunere pe care o poate practica cineva. Redarea stilului original, cu particularitățile sale nu totdeauna satisfăcătoare din punct de vedere lite-

rar, presupune mai mult efort, avînd însă în plus avantajul de a furniza cititorului o imagine mai exactă asupra performanțelor lucrării traduse.

Precizăm, în încheiere, că responsabilitatea pentru soluțiile alese în traducerea primei părți a cărții, pînă la capitolul cinci inclusiv, revine lui Adrian-Paul Iliescu, în timp ce responsabilitatea soluțiilor adoptate în cea de-a doua parte, pînă la sfîrșit, inclusiv *Indicele de materii*, revine lui Valentin Mureșan.

Traducătorii

Christinei

Din partea autorului

O primă și parțială schiță a acestei cărți a fost prezentată în cadrul Prelegerilor Hägerström, la Uppsala, Suedia, în 1974. Ea a fost difuzată în Universitatea din Uppsala în formă șapirografiată. Datorez lui Amartya Sen, un alt conferențiar Hägerström, sugestia de a le revizui, lărgi și publica sub formă de carte. Deoarece de atunci au trecut mai mulți ani, în care mi-am putut schimba vederile și permite să extind în voie multe dintre teme, manuscrisul de față este foarte diferit de prelegerile inițiale, atît în conținut cît și în dimensiuni. Cartea este de peste două ori mai lungă decît manuscrisul prelegerilor. Capitolele 6, 7 și 8 abia dacă mai au ceva comun cu ceea ce am spus în 1974. Am adăugat multor capitole scurte anexe cu caracter tehnic, dar acestea pot fi trecute cu vederea fără nici o pierdere a continuității.

Textul prelegerilor, în prima lui formă, a beneficiat considerabil de pe urma criticilor aduse conținutului și stilului lor de către Nancy Cartwright și Diane Axelsen. Prin observațiile făcute în timpul prezentării la Uppsala, Stig Kanger și alți filosofi suedezi m-au obligat să revizuiesc o seamă de pasaje. Versiunea actuală a beneficiat de criticile amănunțite și uneori aspre aduse de Joseph Almong, Michael Bratman, John Dupré, Wilbur Knorr, Julius Moravcsik, John Perry și

Jean Roberts, care sînt cu toții, împreună cu Nancy Cartwright, colegii mei de la Stanford. Observații critice speciale la adresa capitolului 7 au fost făcute de asemenea de John Biro, Jens Erik Fenstad, Daniel Quesada și Philip Staines. Diverse erori și omisiuni de ordin istoric, precum și sistematic, au fost evidențiate în mai multe capitole de Jules Vuillemin.

Pentru utilizarea aparaturii electronice de calcul pe care am avut-o la dispoziție în scopul realizării cu acuratețe și bună dispoziție a revizuirii succesive a unor capitole, de mai multe ori decît pot să-mi amintesc, mulțumirile mele se adresează Margueritei Shaw. Soția mea, Christine, a sprijinit, mai mult decît merit, urcușurile și coborîșurile definitivării manuscrisului meu.

Am folosit, în diverse capitole, pasaje din articole publicate anterior sau în curs de publicare. Datorez mulțumiri pline de gratitudine pentru permisiunea de a le folosi în această carte. Ultima parte a capitolului 3 a fost tipărită, sub titlul „Conflicting Intuitions about Causality" *, în volumul IX al lucrării *Midwestern Studies in Philosophy, Causation and Causal Theories*, editat de Peter French, Theodore Yuehling Jr. și Howard Wettstein (1984). Ultima secțiune a capitolului 4, „The Meaning of Probability Statements" ** este retipărită după „Erkenntnis" (1983), *19*, p. 397—403. Prima parte a capitolului 6 se trage din „The Plurality of Science" ***, apărut în P. Asquith și I. Hacking (eds.), *PSA 1978*, (vol. 2), Lansing, Mich., Philosophy of Science Association, 1981, p. 3—16. Capitolul 6 folosește pasaje din trei articole: „Probabilistic Grammars for Natural Languages" **** „Syntheses", (1970), *22*, p. 95—116; „Procedural Semantics" ***** din R. Haller și W. Grassl (eds.),

---

* Intuiții opuse asupra cauzalității. — *Nota rad.*

** Înțelesul enunțurilor de probabilitate. — *Nota trad.*

*** Pluralitatea științei. — *Nota trad.*

**** Gramatici probabiliste pentru limbile naturale. — *Nota trad.*

***** Semantică procedurală. — *Nota trad.*

Language, Logic and Philosophy, Vienna, Hölder-Pichler-Tempsky (1980), p. 27—35; și „A Puzzle about Responses and Congruence of Meaning“ *, „Synthese“ (1984), *58*, p. 39—50. Capitolul 8 folosește pasaje din „The Limits of Rationality“ **, „Grazer Philosophische Studien“ (1981), *12/13*, p. 85—101, și din *Logique du Probable*, Paris, Flammarion (1981).

* O enigmă privind răspunsurile și congruența de înțeles.— *Nota trad.*

** Limitele raționalității. — *Nota trad.*

1

INTRODUCERE

O cale de a schița rapid esența celor ce voi spune este compararea criticii mele la adresa a ceea ce voi numi noua teologie cu critica făcută de Kant vechii teologii. Problemele centrale asupra cărora s-a concentrat critica lui Kant erau cele din faimoasa triadă: existența lui Dumnezeu, nemurirea sufletului și libertatea voinței. În capitolul final al *Criticii rațiunii pure*, Kant spune următoarele despre istoria acestor idei:

> E destul de curios, deși nu se putea întîmpla altfel în mod firesc, că oamenii în perioada copilăriei filosofiei au început de acolo unde noi am prefera să sfîrșim acum, anume prin a studia mai întîi cunoașterea lui Dumnezeu și speranța sau chiar natura unei lumi viitoare. Oricît de grosolane vor fi fost conceptele religioase introduse de vechile obiceiuri care au mai rămas din starea primitivă a popoarelor, acest lucru n-a împiedicat totuși clasa mai luminată să se consacre unor cercetări libere asupra acestui obiect, și s-a înțeles ușor că nu poate exista un mod mai temeinic și mai sigur de a face plăcere puterii invizibile care guvernează lumea, pentru a fi fericit cel puțin într-o altă lume, decît buna purtare. De aceea teologia și morala au fost cele două impulsuri sau mai curînd cele două puncte de reper pentru toate cercetările raționale abstracte, cărora oamenii li s-au dedicat apoi permanent. Totuși, cea dintîi a fost de fapt cea care a atras treptat rațiunea

pur speculativă într-o ocupație care ulterior a devenit atît de celebră sub numele de metafizică (A. 852—853) *.

Ar fi surprinzător să dedic propria mea critică „studiului cunoașterii lui Dumnezeu și speranței sau chiar naturii unei lumi viitoare". Cei mai mulți dintre filosofi nu iau astăzi în serios aceste idei, cel puțin nu în orele dedicate profesiunii, iar, în ceea ce mă privește, în mod sigur nu le iau în serios.

Teza mea este însă că vechea teologie a fost înlocuită de o metafizică ce aparține atît filosofiei cît și științei, metafizică ce prin caracterul ei este nu mai puțin greșită și susceptibilă de a induce în eroare. Iată cinci dintre principiile sale de bază:

1. Viitorul este determinat de trecut.
2. Orice eveniment are o cauză determinantă suficientă.
3. Cunoașterea trebuie să se întemeieze pe certitudine.
4. Cunoașterea științifică poate, în principiu, să fie adusă pînă la nivelul de cunoaștere completă.
5. Cunoașterea și metoda științifică pot fi, în principiu, unificate.

Preocuparea mea nu este aceea de a face o dezbatere istorică privitoare la cine aderă sau nu la aceste idei, pe care le voi eticheta colectiv „principii ale *metafizicii neotradiționale*". Ele au fost larg acceptate în mare parte din filosofia postkantiană, în mare parte din filosofia analitică actuală și, în diferite grade, în versiunile contemporane ale empirismului sau pozitivismului logic. Teza mea este că fiecare dintre aceste principii este fals sau, cel puțin, că cele mai bune probe pe care le avem în prezent indică faptul că aceste principii sînt false; în consecință, trebuie să fim capabili de a construi o metafizică generală sau o epistemologie

* Immanuel Kant, *Critica rațiunii pure*, Editura științifică, București, 1969, p. 630. — *Nota trad.*

generală pe alte temeiuri. Voi dedica fiecăruia dintre cele cinci principii cîte un capitol și, în cursul demersului, voi încerca să arăt clar cu ce anume cred că pot fi ele înlocuite în mod adecvat. În scopul de a duce mai departe argumentarea favorabilă unui punct de vedere probabilist asupra lumii, ultimele două capitole ale acestei cărți sînt dedicate tot atîtor subiecte adiționale. Primul se ocupă cu aspectele probabiliste ale limbajului, o adevărată citadelă a determinismului, cel puțin după afirmațiile multor lingviști și filosofi moderni. Ultimul capitol trece în revistă temeiurile probabiliste ale credinței și acțiunii raționale, scoțînd în evidență cît de rar pot fi aduse aceste temeiuri la nivelul certitudinii sau al unei cunoașteri complete.

Folosesc concepte probabiliste pentru a trata probleme metafizice și epistemologice, pledînd pentru înlocuirea conceptului de empirism logic cu acela de empirism probabilist. Dar empirismul probabilist, așa cum îl concep eu, nu manifestă înclinații reducționiste. Voi susține că mai curînd conceptele probabiliste și nu cele pur logice sînt apte să furnizeze un cadru destul de bogat pentru a justifica atît modalitățile noastre obișnuite de a gîndi asupra lumii, cît și metodele noastre științifice de investigare.

De asemenea, nu stă în intenția mea de a intra prea adînc în considerații tehnice în cadrul acestor pagini. Voi presupune că atît conceptele logice și probabiliste elementare, cît și anumite părți cu caracter general din știință pot fi folosite și invocate fără expuneri sau explicații întinse. Voi folosi în repetate rînduri conceptul de aleator. O clarificare teoretică neformală a acestei noțiuni dificile și evazive poate fi găsită la sfîrșitul capitolului 2. O analiză detaliată a înțelesului enunțurilor probabiliste, în care se urmărește folosirea unor aspecte ale interpretării obiective, dar și ale celei subiective a probabilității se face la sfîrșitul capitolului 4. Că aleatorul și probabilitatea sînt fenomene reale, și prin urmare nu trebuie explicate pe baza ignoranței noastre asupra ade-

văratelor cauze, este o teză pe care o voi apăra dintr-o varietate de perspective. Dar, ca parte a punctului meu pașnic de vedere, voi apăra de asemenea rolul esențial al teoriei bayesiene a probabilităților subiective, în special în capitolul 8.

Aristotel despre metafizică

În prima carte a *Metafizicii* sale, Aristotel subliniază că filosofia își are începutul în uimire și apoi trece la întrebări privind stelele, originea Universului și caracterul cunoașterii înseși. Speculații de acest fel, notează el, nu urmăresc nici un scop direct ulterior, ci sînt făcute pur și simplu de dragul speculației. Se spune uneori că *Metafizica* lui Aristotel este un model de metafizică descriptivă, o încercare de a organiza cele mai generale și, în același timp, cele mai semnificative aspecte ale experienței. O atare metafizică descriptivă este pusă în contrast cu genul de metafizică speculativă pe care Kant s-a preocupat atît de mult să-l critice și să-l elimine din filosofie. Genul de metafizică probabilistă pe care încerc să-l dezvolt în aceste pagini este, conform intențiilor mele, mai curînd descriptiv decît speculativ. Concluziile la care vreau să ajung depind de știința zilelor noastre, precum mult din ceea ce Aristotel avea de spus depindea de știința vremii sale. Totuși, eu nu voi trasa o distincție de tip kantian între cunoașterea științifică necesară și cunoașterea empirică contingentă; există, după părerea mea, o progresie continuă de la simțul comun sofisticat la cele mai recente descoperiri științifice. Unul dintre cele mai importante roluri ale unei metafizici descriptive este acela de a furniza o sinteză a simțului comun și a științei contemporane.

Tezele unei metafizici descriptive adecvat formulate și care ar fi, de asemenea, susținută adecvat de întreaga greutate a datelor simțului comun și ale științei ar forma un cadru conceptual larg pentru înțelegerea fenomenelor naturale și a expe-

rienței umane. Cadrul ar trebui, totuși, să fie considerat totdeauna ca fiind provizoriu, susceptibil de revizuire. Din nefericire, atît în filosofie cît și în știință, a existat o puternică tendință de a construi sau folosi un cadru conceptual care părea a nu fi susținut de experiență, ceea ce a împiedicat efortul de perfecționare în lumina experienței. Pretenția de a fi oferit o versiune finală a adevărului este poate cea mai stridentă eroare generală făcută de cei mai mulți dintre filosofii din trecut pe care îi respectăm. Iată-l, de pildă, pe Kant în 1799, aproape de sfîrșitul vieții:

> Cu toate acestea, filosofia critică trebuie să rămînă încrezătoare în înclinația sa de nestăvilit către satisfacerea țelurilor teoretice, ca și a celor morale, practice, ale rațiunii, încrezătoare că nu o așteaptă nici o schimbare a părerilor, nici un retuș și nici o reconstrucție în altă formă; sistemul *Criticii* stă pe o fundație absolut sigură, stabilită pentru totdeauna; el va fi indispensabil, de asemenea, pentru cele mai nobile scopuri ale omenirii în toate epocile viitoare. (Scrisoare deschisă cu privire la *Wissenschaftslehre* a lui Fichte; Zweig, 1967, p. 254).

Evident că modestia privitoare la fundația pe care a așezat-o nu este trăsătura dominantă a părerii lui Kant despre sine însuși. Dar ceea ce este mai izbitor, dintr-un punct de vedere modern, este naivitatea siguranței sale privind permanența structurii intelectuale pe care a creat-o.

Totuși, sublinierea relației dintre metafizică și știință nu este la Aristotel atît de explicită cum ar putea reieși din scurta mea expunere despre metafizica sa descriptivă. Înainte de a trece la temele de interes principal ale acestei cărți, va fi util să trecem în revistă cîteva dintre problemele mai generale ale metafizicii tradiționale și să observăm cum se împacă ele cu chestiunile discutate aici.

O formulare tradițională este aceea că principala preocupare a lui Aristotel în *Metafizica* a fost cercetarea ființei *ca* ființă, adică cele mai generale principii pe care trebuie să le satisfacă fiece lucru care există. În epocile mai recente, lucrurile au fost privite și în sensul că obiectul specific de studiu al metafizicii îl constituie toate formele posibile de ființare. Aceasta ne conduce în mod firesc la discuția modernă despre lumile logic posibile. Luînd în considerare slăbiciunea acestui aparat și lucrurile foarte detaliate pe care Aristotel sau filosofii ce i-au urmat le-au spus sub stindardul comun al metafizicii, este clar că cercetarea riguroasă și sistematică a ființei ca ființă nu a constituit întregul focar de interes și, de fapt, nici măcar focarul principal de interes al scrierilor metafizice. S-ar putea susține că numai lucrările moderne asupra posibilității logice au oferit un studiu adecvat, riguros și sistematic.

În mod tradițional, discuția generală despre ființă, și în special despre formele ei posibile, a ajuns destul de repede la problema fundamentală a naturii substanței, purtătorul prim al ființei. Aristotel, bunăoară, are o teorie amplu elaborată a substanței, strîns legată de teoria sa despre materie și formă. Este important să se înțeleagă că există o mare diferență între conceptul de materie (*hylē*) la Aristotel și concepția fizicianului modern despre materie. De fapt, ceea ce fizicianul modern numește „materie" este mai aproape de ceea ce Aristotel consideră a fi substanța.

Un scurt rezumat al doctrinei lui Aristotel despre materie și substanță ar fi următorul. Materia este substratul schimbării. „Căci definiția dată de mine materiei este chiar aceasta: substratul prim al fiecărui lucru, din care el provine necon-

diționat și care persistă în rezultat" (*Fizica*,192a 31 *). Materia *ca* materie este pur potențială și fără atribute (*Metafizica*, 1029a 19). O substanță are atît formă cît și materie. Natura substanței este complexă. Ea nu este pur și simplu formă, dar nici pur și simplu materie (*Fizica*, 191a 10; *Metafizica*, 1043a 15). Nu există nici un principiu de individualizare pentru materie *ca* materie, din motive ce sînt evidente în lumina celor deja spuse. Principiul individualizării pentru substanțe nu cere identitatea materiei ca o condiție pentru identitatea substanței. De pildă, un animal asimilează și deopotrivă excretă substanță, dar putem totuși vorbi de identitatea lui în timp. (Pentru o discuție mai detaliată, vezi Suppes, 1974a).

Ar putea fi instructiv de comparat această schiță a teoriei aristotelice despre materie cu viziunea științei moderne și de cercetat modul în care teoria lui Aristotel ar putea fi conciliată cu cea din urmă. Pe măsură ce teoria atomistă a materiei devenea teoria științifică dominantă în secolul al XIX-lea, părea să devină cert faptul că teoriile atomiste antice despre materie erau cele corecte sub raport conceptual și că vederi de felul celor ale lui Aristotel trebuiau date totdeauna la o parte. Pe la începutul secolului nostru era recunoscut faptul că atomii au structură, și unele aspecte ale acestei structuri erau deja identificate cu claritate, astfel că spusele naive ale anticilor privitor la atomi ca elemente ultime simple nu erau adecvate. A fost elaborată ideea unui nucleu avînd electroni pe orbitele din jurul său. Atomul era conceput acum ca un sistem solar la scară redusă, dar electronii și protonii constituiau cărămizile construcției, astfel că teoriile atomiste naive despre materie în sensul conceptual antic erau încă o dată salvate. Părea, de

* Traducerea românească a lui N. I. Barbu diferă sensibil: „Căci eu spun că materia este primul substrat care stă la baza fiecărui lucru, din care este generat ceva ce-i este inerent, nu accidental" (Aristotel, *Fizica*, Editura științifică, București, 1966, p. 29). — *Nota trad.*

asemenea, clar că particulele elementare au proprietăți fundamentale constante, de exemplu aceeași masă pentru toți electronii și, similar, pentru toți protonii aceeași sarcină electrică și aceeași mărime neglijabilă dar determinată.

Odată cu dezvoltarea mecanicii cuantice devenea clar faptul că particulele ce alcătuiesc un atom nu sînt simple mingiuțe care saltă de jur împrejur într-o lume minusculă dar foarte asemănătoare aceleia în care ne mișcăm noi în mod obișnuit. Proprietățile lor erau mai ciudate și mai evazive decît se crezuse cîndva. Aici de o deosebită relevanță este conceptul de spin propriu, o proprietate care primise doar într-o foarte mică măsură explicația conceptuală satisfăcătoare din partea teoreticienilor domeniului cuantic. Se recunoștea de asemenea că materia nu este indestructibilă, contrar ideilor antice despre atomi. Totuși, argumentele în favoarea teoriei atomiste păreau să rămînă destul de puternice, și cei mai mulți dintre fizicieni simțeau probabil că una dintre versiunile teoriei atomiste era în esență teoria corectă despre felul în care este asamblat Universul. Exista o problemă care dădea multă bătaie de cap, aceea a cîmpului, atît electromagnetic cît și gravitațional, dar ea nu tulbura prea mult teoria atomistă dominantă, cu cele cîteva particule simple, ca electronii și protonii, în calitate de elemente ultime.

În fizica experimentală, cercetarea nivelelor mai înalte de energie a continuat, dovedindu-se că lumea este plină de particule supuse permanent proceselor de generare și corupție, cum s-ar exprima Aristotel. Au fost puse la punct metode pentru observarea acestei generări și corupții cu ajutorul camerei cu bule și a altor aparate înrudite. Pe lîngă aceasta, ideea importanței fundamentale a cîmpului ieșea tot mai mult în evidență, și mare parte din fizică opera mai curînd cu termenii proprietăților continue ale cîmpului decît cu cei ai proprietăților singulare ale particulelor individuale.

Trebuie să fie clar felul în care teoria aristotelică a materiei se poate încadra în acest tablou nou, mai complicat. În primul rînd, din punct de vedere aristotelic căutarea unor elemente ultime cu menirea de cărămizi fundamentale este o greșeală indiscutabilă. Evidența empirică, atît cea care provine de la corpurile macroscopice cît și cea care provine de la particulele cu energie înaltă, arată că formele materiei se schimbă continuu. Nu există nici un motiv pentru a crede că o formă este în mod necesar mai fundamentală sau ultimă decît alta. Datele obținute în camera de ionizare, spre exemplu, care arată atît de bine generarea și dezintegrarea particulelor, sprijină definiția aristotelică a materiei. Întrucît observăm schimbarea, trebuie să existe un substrat a ceea ce se schimbă. Care este substratul care stă la baza transformării particulelor în alte particule, sau a transformării particulelor în energie? Răspunsul aristotelic pare atractiv. Putem adopta o teorie aristotelică a materiei ca pură potențialitate. Scopul specific fizicii teoretice este de a determina legile care descriu aceste variate schimbări de formă. Vorbind în termeni atît de pozitivi despre teoria aristotelică a materiei și substanței, nu intenționez să sugerez că am putea prelua de la Aristotel indicații detaliate despre legile fenomenelor fizice. Ceea ce este valoros este că felul său de a aborda teoria materiei și a substanței furnizează o alternativă importantă și valoroasă sub raport conceptual la viziunea atomistă care a fost prea mult timp dominantă în știința modernă. În capitolele următoare voi indica modul în care trebuie adăugate noțiunile probabiliste la viziunea generală despre materie și substanță pe care am schițat-o aici, pentru a intra în posesia unei teorii mai realiste. Dar concepția mea despre metafizica probabilistă trebuie concepută ca o extindere a metafizicii aristotelice a materiei și substanței.

Există, desigur, alte probleme care au ocupat centrul scenei pentru metafizicienii din trecut. Din nefericire, așa cum a subliniat Kant cu insistență în critica sa negativă la adresa metafizicii tradiționale, nu există nici măcar o singură carte de felul *Elementelor* lui Euclid despre care să se poată spune „Aceasta este metafizică, aici se găsește încununarea științei, cunoașterea unei Ființe Supreme și a unei lumi viitoare demonstrată pe baza principiilor Rațiunii pure" (*Prolegomena*, p. 17*). Metafizica lui Aristotel este fără îndoială tot ce poate fi mai aproape de un text definitiv, dar, cu siguranță, ea nu a jucat rolul *Elementelor* lui Euclid. Lui Kant îi plăcea de fapt să sublinieze că noua sa filosofie critică este față de vechea metafizică ceea ce este chimia față de alchimie sau astronomia față de astrologie. Se poate spune despre Kant, mai categoric decît despre Aristotel, că una dintre misiunile sale a fost să așeze fundamentele științei, într-o manieră metafizică adecvată, în cadrul avînturilor rațiunii pure pe care cu atîta dreptate le critica. Lui Kant îi plăcea, de asemenea, să sublinieze că metafizica nu va dispărea niciodată, că este tot atît de improbabil să renunțăm la investigațiile metafizice pe cît ar fi să încetăm de a mai respira. Problema este să încetăm a face o metafizică de proastă calitate, la fel cum trebuie să încetăm a respira aer viciat (*Prolegomena*, p. 117). Mai presus de orice, misiunea lui Kant a fost de a arăta cum se poate face acest lucru, pe scurt cum pot fi aplicate în metafizică metodele riguroase.

Există și un alt element legat de metodele metafizice. Kant a insistat că nimic nu este atît de absurd ca folosirea probabilității în metafizică. Cum spune el:

---

* § 4; vezi Immanuel Kant, *Prolegomene la orice metafizică viitoare care se va putea înfățișa drept știință*. Traducere de Mircea Flonta și Thomas Kleininger, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1987. — *Nota trad.*

... nu poate fi, desigur, nimic mai nepotrivit decît a voi să întemeiezi judecățile într-o metafizică, într-o filosofie a rațiunii pure pe probabilitate și presupunere. Tot ce urmează să fie cunoscut *a priori* este tocmai din această cauză dat drept apodictic cert, și trebuie așadar să fie demonstrat în același fel. Tot atît de bine s-ar putea încerca întemeierea unei geometrii sau a unei aritmetici pe presupuneri (*Prolegomena*, p. 119 *).

Evident, aici sînt din nou bucuros să fiu în dezacord cu Kant. Cum voi arăta mai încolo, evitarea de către Kant a oricărei discuții sistematice asupra teoriei probabilității este, în perspectivă istorică, una dintre principalele carențe ale concepției lui despre știință.

La începutul acestui capitol am spus ce teme vor fi criticate în principal. S-ar putea argumenta că metafizica neotradițională pe care o critic eu s-a retras deja din scenă, dar, dacă este așa, mă tem că aceasta este adevărat numai privitor la cercurile foarte luminate. Cu siguranță că critica pe care o fac determinismului, certitudinii, completitudinii și unității în cunoașterea științifică sau în aceea a simțului comun nu va fi acceptată de mulți filosofi sau oameni de știință.

Metafizica privită ca presupoziție

O viziune influentă despre metafizică a fost în secolul al XX-lea aceea a lui R. J. Collingwood (1939/1972). El susține că metafizica este mulțimea presupozițiilor absolute ale gîndirii științifice dintr-o anumită epocă. Cîteva observații asupra vederilor sale vor arăta clar cum acestea sînt în același timp asemănătoare dar și foarte diferite de cele pe care le dezvolt eu în această

* Pentru înțelegerea comentariului lui Suppes, trebuie arătat că în versiunea englezească citată de el nu se folosește, ca în versiunea românească menționată, expresia *nepotrivit*, ci expresia, mai dură, *absurd*: „Nothing could be more absurd than ..." — *Nota trad.*

carte. În primul rînd, există o profundă asemănare în ceea ce privește accentul pus pe relația metafizicii cu știința unei anumite epoci. În al doilea rînd, există o asemănare în ceea ce privește recunoașterea faptului că presupozițiile metafizice se schimbă odată cu schimbările din știință. Collingwood are, ca și mine, o atitudine critică față de cei care cred că s-ar putea construi odată pentru totdeauna o metafizică adecvată doar pe baza analizei experienței comune și a discursului comun referitor la acea experiență. În al treilea rînd, Collingwood recurge la o definiție cuprinzătoare a științei pentru a include aici orice gîndire sistematică, și cu acest lucru sînt de acord. Pe de altă parte, diferențele dintre noi sînt multiple. Eu nu sînt de acord cu ideea că metafizica este știința presupozițiilor absolute, care, ca atare, nu pot fi considerate nici adevărate, nici false. În spiritul filosofiei critice a lui Kant, Collingwood a încercat să rezerve un statut special enunțurilor metafizice. Kant s-a detașat de metafizica tradițională a vremii sale limitînd sever utilizarea rațiunii. Dar, așa cum pasajele pe care le-am citat fac să apară evident, scopul lui era acela de a stabili odată pentru totdeauna fundamentele metafizice adecvate pentru știință. Prin recunoașterea absurdității încercării de a stabili odată pentru totdeauna fundamentele metafizice ale științei, Collingwood reprezintă o detașare de poziția lui Kant [1]. Dacă această schimbare de accent nu

[1] Dar Collingwood este aproape la fel de inflexibil ca și Kant în ceea ce privește propria sa capacitate de a clarifica odată pentru totdeauna absurdităţile din trecut ale metafizicii. „Multă muncă s-a depus în metafizică de cînd a creat-o Aristotel; dar această muncă nu a antrenat niciodată o reconsiderare radicală a problemei ce este metafizica. S-a și bombănit mult în legătură cu ea, o mulțime de oameni declarînd că întreaga chestiune este o mare aberație; dar, din nou, aceasta nu a antrenat niciodată reconsiderarea radicală a acestei probleme. În această chestiune Aristotel a lăsat moștenire urmașilor săi o declarație care conține anumite obscurități; și din vremea sa pînă în zilele noastre aceste obscurități nu au fost clarificate. A le clarifica este sarcina eseului de față" (1939/1972, p. 5).

este una istorică, atunci ea nu este nimic. Dar Collingwood menține viziunea kantiană potrivit căreia metafizica are un subiect de studiu anume și o metodologie anume. Acest subiect de studiu anume este mulțimea de presupoziții absolute ale unui grup dat de gînditori dintr-o anumită perioadă istorică. Se cere o metodologie specială pentru a determina ce este și ce nu este presupoziție absolută. În această chestiune de metodă, Collingwood pur și simplu nu este în stare să spună ceva satisfăcător sub raport conceptual, iar exemplele, în special cele referitoare la cauzalitate, deși interesante, nu furnizează acel fel de detalii analitice fertile necesare pentru a argumenta corectitudinea metodologiei speciale.

Poziția mea este că nu există nici o delimitare netă a clasei aserțiunilor metafizice. Este la fel de fără rost să încerci a da metafizicii o definiție logic etanșă pe cît este să încerci a face aceasta pentru fizică sau muzicologie. În plus, metafizica avea în mod obișnuit în multe cercuri un renume prost, deși reputația ei s-a îmbunătățit încă o dată în ultimele decenii pe măsură ce pozitivismul logic a părăsit aproape complet scena. Există încă mulți filosofi — și probabil și mai mulți savanți — cărora nu le-ar fi ușor dacă li s-ar cere să dea cele mai bune exemple de aserțiuni sau propoziții metafizice pe care le cunosc ei. Îmi place spiritul în care Kant și Collingwood acceptă să se angajeze în detaliu față de aserțiuni pe care le consideră autentic metafizice. În același spirit, dar fără iluzia că pot clarifica definitiv obscuritățile din trecut sau din prezent, închei acest capitol introductiv cu o listă de propoziții metafizice în favoarea cărora se argumentează în restul cărții.

Cîteva propoziții metafizice

1) Legile fundamentale ale fenomenelor naturale au în esență mai curînd un caracter probabilist decît unul determinist.

2) Concepția noastră despre materie trebuie să conțină un element probabilist intrinsec.

3) Cauzalitatea are un caracter probabilist, nu unul determinist. Prin urmare, nu există incompatibilitate între aleatorul din natură și existența legilor cauzale valide.

4) Certitudinea cunoașterii — în sensul caracterului psihologic nemijlocit, în sensul adevărului logic sau în sensul preciziei totale a măsurătorilor — este irealizabilă.

5) Colecția teoriilor științifice trecute, prezente și viitoare nu converge către un rezultat fixat inevitabil care să ofere, la limită, o cunoaștere completă a Universului.

6) Științele se caracterizează, în ce privește limbajul, obiectul și metoda, mai curînd prin pluralism decît prin unificare.

7) Însușirea limbajului și performanța lingvistică, în aspectele lor fonologice, gramaticale, semantice și prozodice, au caracter intrinsec probabilist.

8) Teoria raționalității are caracter intrinsec probabilist.

În această listă și în această carte pun accentul pe propoziții generale care depind de concepte probabiliste, aceasta datorîndu-se faptului că mulți filosofi le neglijează sau, în multe cazuri, le resping ca aserțiuni metafizice tocmai din cauza caracterului lor probabilist. Există multe alte propoziții metafizice acceptate de mine ca întemeiate și importante care nu includ în nici un fel probabilități. *Metafizica* lui Aristotel este una dintre cele mai bune surse de exemple.

Este neobișnuit — ca să nu spun mai mult — a susține că probabilitatea trebuie privită ca un concept metafizic fundamental. Cum s-a remarcat deja, focarul tradițional de interes al metafi-

zicii este natura ființei, sau natura substanței, natura spațiului și timpului și alte concepte similare. O cale de a formula ideea pe care o susțin este următoarea: caracterul probabilist al fenomenelor este aproape la fel de omniprezent ca și caracterul lor spațial sau temporal. Metafizica tradițională s-a îndepărtat îndeobște de diversitatea concretă a experienței reale pentru a căuta un fundament de permanență aflat în substrat. În trecut au existat filosofi importanți care s-au concentrat mult mai mult asupra trăsăturilor de suprafață ale experienței decît asupra a ceea ce pare să formeze substratul acestor fenomene de suprafață. William James și John Dewey sînt exemple bune în acest sens, dar Charles Peirce este poate cel mai învederat predecesor pe care trebuie să-l recunosc, datorită accentului explicit pus pe fenomenele întîmplătoare din natură. Nu mi-am propus să ofer o comparație punct cu punct între vederile lui Peirce și vederile mele. Cred că eu am lărgit aria de fenomene luată în considerare de Peirce, în special prin accentul pus pe trăsăturile probabiliste ale limbajului în capitolul 7. În orice caz, mi-am organizat ideile fără a da o atenție prea mare lui Peirce din punct de vedere istoric. Datorită efortului meu de a contesta metafizica tradițională, am mai multe referințe istorice la filosofii clasici, bunăoară la Aristotel, Descartes și Kant.

Descartes și Kant nu spun aproape nimic despre întîmplare sau probabilitate. Eu discut viziunea destul de restrictivă a lui Aristotel despre rolul întîmplării *(tychē)* în capitolul 3. Dar oamenii de pretutindeni, în special cei care au reflectat la vicisitudinile politicii și ale războiului, au recunoscut de la bun început locul central ocupat

de întîmplare în viața oamenilor. În primele fraze ale celui dintîi discurs al lui Pericle, așa cum este el relatat de Tucidide, se spune: „Căci uneori mersul lucrurilor este la fel de arbitrar ca și planurile oamenilor; iată de ce blamăm întîmplarea pentru tot ce nu s-a petrecut așa cum ne așteptam“ [2].

[2] Pentru o analiză detaliată a conceptului de întîmplare la Tucidide, vezi Edmunds (1975). Aș fi putut încheia la fel de bine cu aceste faimoase rînduri din *Ecclesiast* (9: 11): „M-am întors și am văzut sub soare că întrecerea nu este cîștigată de cel iute, nici bătălia de cel puternic, nici nu-i este dată pîinea celui înțelept, nici bogăția oamenilor celor chibzuiți și nici favorurile celor pricepuți, ci timpul și întîmplarea le aduc pe toate“. (*Nota trad.:* am preferat această traducere personală textului autorizat (Ed. 1982), care sună astfel: „Și iarăși am văzut sub soare că izbînda în alergare nu este a celor iuți, și biruința a celor viteji, și pîinea a celor înțelepți, nici bogăția a celor pricepuți, nici faima pentru cei învățați, căci timpul și întîmplarea întîmpină pe toți“.)

2

ALEATORUL ÎN NATURĂ

Conceptul de determinism este un concept modern. Ideea intuitivă este că fenomenele sînt deterministe atunci cînd trecutul lor le determină viitorul în mod univoc. (Voi da mai jos o caracterizare mai explicită.) Conceptul nu este deloc discutat explicit pînă tîrziu, în secolul al XVIII-lea[1]. Pe de altă parte, antecedente sînt prezente în gîndirea mult mai timpurie, iar pledoariile în favoarea prezenței aleatorului în natură merg înapoi pînă la Epicur. Mi-am divizat în trei părți pledoaria împotriva ideii că fenomenele naturale ar fi total deterministe. În primul rînd, iau în considerare cîteva fenomene naturale obișnuite care constituie argumente puternice împotriva concepției vizate. În orice perioadă a dezvoltării științei, și cu siguranță nu numai în prezent, greutatea dovezilor empirice sistematice a fost mereu împotriva tezei determinismului, dar examinarea explicită a acestor dovezi nu a fost partea tare nici a savanților, nici a filosofilor. În al doilea rînd, voi examina o parte din istoria dezvoltărilor date acestei teze și, în al treilea rînd, voi

[1] Se pot aduce diverse contraexemple istorice la această teză, dar aceste pasaje timpurii nu au cristalizat conceptul de determinism pentru o analiză și dezbatere neîntreruptă. Un caz timpuriu din secolul al XVIII-lea este secțiunea despre libertate și necesitate din *Tratat asupra naturii umane* al lui Hume, pasaj mai mult sau mai puțin reluat în *Cercetare asupra intelectului omenesc*. Dar ceea ce spune Hume în aceste pasaje despre determinism este ocazional și neprelucrat și, mai presus de toate, nu se află în centrul precupărilor lui.

lua în considerare cîteva dintre cele mai importante rezultate științifice obținute la un nivel fundamental, care par să ofere un argument decisiv împotriva determinismului. În încheiere examinez chestiunea: ce este aleatorul?

Fenomene naturale obișnuite

Observația comună și participarea la fenomenele fizice par să argumenteze decisiv împotriva caracterului determinist al naturii. Atenția acordată ocazional felului în care o boare de vînt mișcă frunzele unui copac ar putea face să pară nerealist gîndul de a avea o teorie capabilă să prezică mișcarea lor. Norii care se formează, cu toate neregularitățile conturului lor, praful care se așază în urma trecerii unui automobil, picăturile de ploaie care cad purtate de un vînt puternic — aproape orice fenomen care implică mișcarea simultană a mai multor lucruri diferite pare să facă din pledoaria pentru determinism o himeră. A crede că cineva ar putea realmente să prezică aceste fenomene, că ar exista vreodată o posibilitate de a face acest lucru pare să fie în mod vădit o greșeală. A gîndi altfel ar însemna într-adevăr să adopți o poziție apropiată celor influențate de teologie.

Murmurul vorbirii. Este, de asemenea, ușor să combați determinismul cu fenomene omenești din imediata apropiere. Exemplul meu favorit este murmurul nesfîrșit al vorbirii omenești. La prima vedere, pare ridicol că cineva a putut fi vreodată undeva atît de nesăbuit încît să creadă că poate analiza determinist fluxul nesfîrșit al vorbirii în care oamenii se angajează pretutindeni și pentru cea mai mare parte a vieții lor. Și ceea ce voi spune se aplică nu numai ascultătorului sau analistului, ci și vorbitorului. Într-adevăr, nu se obișnuiește ca fiecare propoziție pe care o rostim să fie formulată complet și explicit. Cînd este vorba de o deliberare completă sau de o stare

neobișnuită de meditație, sîntem capabili de o atare preformulare totală, dar acestea sînt excepții. Cea mai mare parte a comunicării dintre ființele umane curge la nesfîrșit, fără a fi precedată de gîndire. Vorbirea și gîndirea sînt simultane; chiar dacă putem parafraza și anticipa gîndurile, niciodată nu putem prevedea sau spera să determinăm succesiunea reală a cuvintelor rostite, nici să vorbim despre detaliile subtile și complicate ale undelor sonore reale pe care le emitem ca vorbitori și le receptăm ca ascultători.

Trebuie să subliniez, desigur, că nu susțin teza absurdă că vorbirea ar fi în întregime întîmplătoare, chestiune pe care o dezvolt în capitolul 7. Ca și în cazul altor fenomene naturale, începînd cu dezintegrarea radioactivă și terminînd cu ciocnirea moleculelor într-un gaz, există aici constrîngeri cauzale care nu sînt suficiente pentru a determina în mod complet fenomenele, dar care pot conduce la analize cauzale rodnice, temă ce va fi explorată în capitolul următor.

Mirosul și văzul. Printre fenomenele umane exemplul ce se prezintă pe dată spiritului în mod evident, pe lîngă acela al vorbirii, este caracterul cuantic al simțului vederii, care are o înaltă sensibilitate, ajungînd pînă la nivelul unui singur foton. Un al doilea exemplu, la fel de subtil dar nu la fel de bine înțeles, este nivelul molecular la care operează simțul mirosului. O imagine a enormei complexități a teoriilor biochimice contemporane despre simțurile mirosului și gustului poate fi găsită în volumul editat de Cagan și Kare (1981). Primul tratat despre simțul mirosului a fost scris de discipolul lui Aristotel, Theofrast, care ar fi probabil surprins să vadă cît de multe lucruri privitoare la miros ne sînt încă necunoscute, în ciuda bogatelor mijloace științifice ce s-au adăugat recent. Se publică anual literalmente sute de articole despre biochimia mirosului, și există două publicații rezumative, *Odor Abstracts* și *Chemoreception Abstracts*, care inventariază numai această literatură anuală. Ceea ce

vreau să arăt este că, cu cît investigațiile devin mai detaliate, cu atît întreaga chestiune se complică și e mai dificil de înțeles. Este îndoielnic că în acest secol vom ajunge să avem o teorie măcar adecvată despre codul neural al calității mirosurilor. Din cauza felului în care este scrisă, o mare parte din această literatură nu pare a avea caracter probabilist, și observatorul ocazional ar putea crede că, deși chestiunea este complexă, din ea va lua naștere o teorie deterministă despre simțul mirosului. O privire mai atentă asupra acestei literaturi face ca renunțarea la această idee să devină ușoară pentru oricine. Evidența empirică privitoare la activitatea celulelor luate separat, care nu poate fi concepută decît în termeni probabiliști, sau datele privind procesele de absorbție a moleculelor odorante, care sînt discutate actualmente numai în termeni statistici, fiind fundamentale pentru întregul proces, par decisive. (Bune referiri istorice și o trecere în revistă mai bună decît referirile mai timpurii despre gust și miros oferă Carterette și Friedman, volumul VI A, 1978.) Aceste referiri științifice nu trebuie să ne abată atenția de la faptul că viziunea comună despre simțul mirosului nu este una riguroasă. Nu există o teorie deterministă a simțului comun despre miros pe care elaborările științifice detaliate să o contrazică. Atît la nivelul simțului comun cît și la nivel științific pare la prima vedere ridicol să vorbești ca și cum fenomenele mirosului ar fi deterministe în vreun sens clar, constructiv și inteligibil.

Ar putea fi util să se dea exemple concrete despre cît de imprevizibile sînt fenomenele mirosului. În condiții experimentale controlate, aprecierile individuale liminale privind prezența butanolului au variat cu două ordine de mărime, adică 100 la 1 (Semb, 1968). Adaptarea la miros indică, în mod similar, o mare variabilitate; familiarizarea, bunăoară, favorizează o adaptare ușoară, la fel ca și distragerea atenției datorită altor ocupații. O întreagă clasă de fenomene și mai diferite o constituie, aproape cu certitudine efectele produse

de mesageri chimici odoriferi, bunăoară efectele izbitoare produse în fiziologia reproducerii la șoareci. Atît la nivel fenomenologic cît și la nivel molecular, dezvoltarea unei teorii deterministe a acestor fenomene subtile pare fără speranță.

Lucrurile pe care le-am spus despre simțul mirosului pot fi spuse chiar mai detaliat despre vedere, dar întrucît faptele legate de vedere se bucură de o mult mai largă cunoaștere, nu voi intra în detalii. Aș vrea să subliniez opinia aproape universal acceptată că mecanismul fiziologic al vederii are caracter fotochimic și este sensibil la nivelul fotonilor individuali. Cînd lumina acționează asupra unei molecule date, probabilitatea absorbției unui foton depinde de lungimea de undă. Caracterul absolut probabilist al fenomenelor fundamentale nu este contestat de nimeni. (Pentru o bună prezentare de ansamblu modernă a simțului vederii, vezi Carterette și Friedman, volumul V, 1975.)

Adecvarea legilor probabiliste

Prin criticile pe care le aduc inadecvării legilor deterministe nu intenționez să sugerez că există vreo garanție a posibilității de a găsi legi probabiliste adecvate pentru orice fenomen luat în considerare. Legea exponențială a dezintegrării radioactive, pe care o vom discuta detaliat mai încolo, este un exemplu pozitiv ideal. O redare satisfăcătoare a fenomenelor meteorologice sau a multor fenomene de percepție pare în esență imposibilă, cel puțin cu metodele noastre actuale de analiză probabilistă. Trebuie să ne mulțumim acum, și poate de-a pururi, cu aproximări probabiliste relativ brute în multe domenii.

Epicur. Ideea că viziunea noastră despre lume trebuie să aibă, în termeni calitativi, un caracter în genere probabilist este la fel de veche ca și viziunea despre atomi și vid ce poate fi găsită la Epicur. Ideile științifice sînt în mod cert moderne. Dintr-un punct de vedere științific, în Antichi-

tate și chiar în timpul Renașterii nu s-a făcut nici un progres în ceea ce privește conceptele atomiste. Dar la o concepție cuprinzătoare s-a ajuns devreme, iar naturalețea ei ca mod posibil de a gîndi natura Universului a fost larg recunoscută. Iată un citat din scrisoarea lui Epicur către Herodot, scrisă după toate aparențele în secolul al IV-lea î.e.n. (Oates, 1940):

> Atomii sînt necontenit în mișcare veșnică, unii căzînd de-a dreptul în jos, alții abătîndu-se lateral, iar alții sărind datorită ciocnirilor dintre ei. Iar dintre aceștia din urmă unii sar mereu la mare distanță de alții, pe cînd alții se mișcă vibrînd pe loc atunci cînd se întîmplă să fie închiși într-o împletitură de atomi sau să fie acoperiți de atomii pe cale să se împletească. Aceasta se întîmplă din cauza naturii vidului care separă fiecare atom, vid care nu poate să ofere o bază de sprijin, deoarece soliditatea atomilor îi face să sară după ciocnire, atît cît permite împletitura să se producă săritura după ciocnire. Toate aceste mișcări nu au un început, de vreme ce atît atomii cît și vidul există din veșnicie (p. 5)*.

Cea mai mare parte din acest pasaj sună modern și foarte rațional. Privită mai atent, noțiunea fizică de abatere, spre deosebire de conceptul de ciocnire, nu are sens în contextul fizicii clasice. Dar acesta este un cadru prea îngust pentru o analiză a conceptelor științei și filosofiei antice. În orice caz, aici scopul nu este acela de a apăra fizica epicurienilor în detaliile ei, ci acela de a recunoaște felul în care încă de la această dată timpurie a fost deja recunoscut rolul central al întîmplării și incertitudinii.

În legătură cu această incertitudine, iată un citat din *De rerum natura* de Lucrețiu, operă scrisă în secolul I î.e.n. (Oates, 1940):

---

* Vezi *Antologie filosofică — Filosofia antică*, Editura Minerva, 1975, București, vol. 2, p. 125 — *Nota trad.*

Aceasta încă eu doresc s-o afli:
Cînd, duși de greutatea lor, atomii
Cad drept în jos prin vid, ei, nu se știe
În care loc și nici în care clipă
Din drumul drept s-abat puțin, atîta
Cît tu să spui că și-au schimbat mișcarea.
De-ar fi ca ei din drum să nu se-abată
Cu toții ar cădea în jos prin hăul
Cel fără fund, ca picurii de ploaie:
Nici o întîlnire n-ar fi fost atunce
Și nici un ciocnet de atomi, și, astfel
Nimica n-ar mai fi creat natura (p. 95)*.

Din nou este evocată acea teorie fizică a abaterii, care este de nesusținut, dar ceea ce este important aici este accentul pus pe incertitudine, atît în ce privește timpul cît și locul. Acest accent este foarte diferit de teoria fizică fundamentală a lui Platon sau Aristotel.

Nu mi-am propus să intru adînc în aceste chestiuni istorice. Vreau să subliniez constanța în timp și importanța acordată vederilor atomiste ale epicurienilor. S-au produs puține schimbări fundamentale în sistem de-a lungul celor trei sute de ani ce s-au scurs între Epicur și Lucrețiu.(Lui Epicur i se datora organizarea și punerea într-o formă sistematică mult mai bună a atomismului timpuriu al lui Leucip și Democrit, atomism care era, în spiritul său, determinist; pentru comparație, vezi Bailey, 1928.) În lumina unor observații făcute anterior, în capitolul 1, merită să reținem că unul dintre rolurile principale ale atomismului epicurian era cel legat de felul în care foloseau ei teoria atomistă pentru a combate concepțiile religioase, oraculare și astrologice despre cauzele acțiunii umane, deși nu negau existența zeilor. În vremea lui Cicero vocile lor erau cele mai înțelepte voci care puteau fi ascultate, dar din nefericire au fost copleșiți cu timpul de vederi care făceau în mai mare măsură apel la aspectele iraționale ale psihologiei umane.

---

* Lucrețiu, *Poemul naturii*, Editura științifică, București, 1965, p. 90.— *Nota trad.*

Laplace. Fac acum un salt peste secole la un pasaj care, ca fragment singular, este cel mai celebru pasaj despre determinism. Contrar eventualelor așteptări, el se găsește în introducerea la tratatul lui Laplace despre probabilități și nu în marele său tratat de astronomie *Mecanica cerească* (1829—39/1966). El afirmă că, fiind cunoscută starea actuală a Universului, o „inteligență", sau cum am spune noi folosind terminologia modernă, „un calculator adecvat sarcinii", ar fi capabil să determine întregul trecut și viitor al Universului. Iată cuvintele sale:

> Trebuie să privim starea actuală a Universului ca efect al stării lui anterioare și cauză a celei care va urma. Fiind dată o inteligență care ar putea cunoaște toate forțele ce animă natura și situația respectivă a ființelor care o compun, inteligență suficient de vastă pentru a supune aceste date analizei, această inteligență ar cuprinde în aceeași formulă mișcarea celor mai mari corpuri din Univers și mișcarea celor mai ușori atomi, nimic nu ar mai fi incert pentru ea, și viitorul, ca și trecutul, s-ar afla în fața ochilor ei. Mintea omenească oferă, prin perfecționarea pe care a fost în stare să o dea astronomiei, doar o slabă idee despre această inteligență. Descoperirile ei în mecanică și geometrie, adăugate celei privind gravitația universală, au făcut-o capabilă să cuprindă în aceleași expresii analitice stările trecute și viitoare ale sistemelor din Univers. Aplicînd aceeași metodă altor obiecte ale cunoașterii sale, ea a reușit să raporteze la legi generale fenomenele observate și să le prevadă pe acelea pe care ar trebui să le producă împrejurări date. Toate aceste eforturi în căutarea adevărului tind să o trimită încontinuu înapoi la acea inteligență vastă pe care tocmai am menționat-o, dar de care ea va rămîne infinit de departe totdeauna. Această tendință, specifică genului uman, este cea care-l face superior animalelor; iar progresul în această

privință distinge națiunile și epocile, constituind adevărata lor glorie (p. 4—5).

Analiza ideii atît de viu expuse în acest pasaj poate fi condusă în multe direcții diferite. Eu mă voi limita momentan la luarea în considerare a caracterului determinist al sistemelor și universului fizic. Fără a intra în detalii tehnice, voi enunța o teoremă a mecanicii clasice a particulelor care exprimă ideea lui Laplace într-o formă explicită. În acest scop, voi caracteriza sistemele mecanicii particulelor în sensul lui McKinsey, Sugar și Suppes (1953) sau al lui Suppes (1957), dar numai într-un mod foarte neformal. Teorema este următoarea:

Teorema I. *Fie două sisteme din mecanica particulelor în care particulele au aceleași mase, forțele ce acționează asupra particulelor sînt aceleași și, pentru un anumit moment temporal* t, *pozițiile și vitezele particulelor identice din cele două sisteme sînt aceleași. Atunci traiectoriile particulelor din ambele sisteme trebuie să fie de asemenea identice. Cu alte cuvinte, traiectoriile particulelor de-a lungul timpului sînt în întregime determinate de pozițiile și vitezele lor la un moment dat, ca și de forțele ce acționează asupra lor.*

Trebuie reținut că teorema abia enunțată depinde de absența ciocnirilor. Din punct de vedere formal, teorema este corectă dacă se presupune că particulele sînt penetrabile sau că, în perioada la care se referă analiza, nu au loc ciocniri, fie din cauza separării datorate distanței, fie din cauza configurației particulare a traiectoriilor mișcării. Mai mulți autori au subliniat pe drept că teza generală a determinismului laplaceean nu mai rezistă odată ce sînt luate în considerare ciocnirile. De fapt, în legătură cu ciocnirile sau impacturile și relația lor față de determinism există o întreagă mulțime de probleme care intrigă și fascinează, mulțime aflată în întregime în inte-

riorul cadrului mecanicii clasice, dar nu este aici locul potrivit pentru a urmări aceste subiecte [2].

Pentru contrast, să privim la cel mai simplu proces probabilist și să notăm cît de diferită este situația. Să presupunem că ne pregătim să aruncăm în aer de o mie de ori două monede și folosim același sistem la fiecare încercare. Începem cu aceleași condiții inițiale, care corespund pozițiilor și vitezelor identice ale particulelor în momentul *t*. Ne putem atunci întreba: care este probabilitatea ca cele două monede să dea exact aceleași serii de *cap* și *pajură?* Răspunsul este ușor de calculat. Întîi, putem întreba: care este probabilitatea ca, la fiecare aruncare, cele două monede să arate sau ambele *cap*, sau ambele *pajură?* Răspunsul este, firește, 1/2 și prin urmare probabilitatea ca de-a lungul a o mie de încercări „traiectoriile" obținute în termenii unor serii de cap și pajură să fie aceleași este un număr incredibil de mic, $1/2^{1000}$. Cu alte cuvinte, aproape cu certitudine cele două monede vor avea istorii diferite, și determinismul, în sens de istorie identică decurgînd din identitatea condițiilor inițiale, are o probabilitate aproape de zero, adică este aproape imposibil. Realizări fizice ale acestui proces probabilist simplu pot fi construite în multe moduri diferite. Numai cu greu ar putea fi pusă la îndoială, fie pe temeiuri practice, fie pe temeiuri teoretice, existența lor.

---

[2] Cum încerc să arăt mai departe în discuția despre aleator, ceea ce este conceput ca determinism se confundă, în mai multe moduri, cu stabilitatea. Sistemele dinamice clasice care sînt suficient de instabile — mici variații ale condițiilor inițiale conducînd la mari diferențe în comportamentul ulterior — nu sînt numai practic, ci și teoretic impredictibile, deoarece condițiile inițiale nu pot fi cunoscute exact. Asemenea sisteme instabile corespund unei noțiuni obișnuite de indeterminare. Literatura tehnică privitoare la aceste chestiuni este vastă și complexă. Cîteva dintre sursele principale recente sînt Siegel și Moser (1971), Moser (1973), Ornstein (1974) și, pentru o mulțime foarte detaliată de referiri, Barrow (1982).

Replierea statistică de pe poziţiile deterministe

Poziţiile avansate ale determinismului laplaceean exemplificat în teorema deterministă a mecanicii clasice enunţată mai sus nu sînt, de fapt, ocupate de nici o ramură activă a ştiinţei. Înainte de a examina mai amănunţit chestiunea dacă acest determinism ar trebui să fie, chiar şi teoretic, idealul ultim al ştiinţei, ar fi poate util să examinăm modurile în care practica ştiinţifică reală cere o repliere la analize şi teorii despre fenomene care nu au caracter determinist.

Prima şi cea mai importantă repliere, care poate fi găsită deja în astronomia laplaceeană clasică, este recunoaşterea faptului că măsurările făcute condiţiilor spaţiale şi condiţiilor de frontieră sînt supuse erorilor de măsurare. Cînd distribuţiile probabilităţii teoretice subiacente acestor erori sînt integrate în ecuaţiile diferenţiale deterministe ale mecanicii, rezultă o teorie cu parametri aleatori asupra fenomenelor. Există o dispersare inevitabilă a preciziei în timp, astfel că, intuitiv, fenomenele în cauză sînt tot mai puţin predictibile odată cu scurgerea timpului. Analiza diverselor probleme în care condiţiile iniţiale sînt considerate a fi supuse variaţiilor aleatoare este importantă nu numai în astronomie, dar şi în chimie, mecanica inginerească şi alte domenii ale ştiinţei aplicate. Prin tradiţie, admiterea faptului că erorile de măsurare generează aleatorul condiţiilor iniţiale şi, deci, o analiză nondeterministă a fenomenelor nu-l neliniştește pe adeptul determinismului. Răspunsul clasic este în acest caz că erorile de măsurare pot fi, în principiu, eliminate. Unul dintre idealurile nerealizate ale fizicii clasice a fost perfecţionarea metodelor de măsurare în scopul eliminării definitive a tuturor erorilor de acest fel.

A doua sursă a prezenţei aleatorului în practica ştiinţifică reală, care, de asemenea, nu-l tulbură pe deterministul radical, este intruziunea aleatoare a unor efecte din exteriorul sistemului analizat. Un caz paradigmatic ar fi intruziunea unor mici canti-

tăți de materie și energie din afara sistemului solar, sau variațiile densității materiei în spațiul în care evoluează acest sistem. Efectele acestor intruziuni externe sînt extraordinar de mici în ce privește mișcarea principalelor obiecte din sistemul solar, și prin urmare, chiar dacă se recunoaște că ele există și că, aproape în mod cert, nu se pune problema calculării detaliate a comportării lor, atitudinea față de ele este una de seninătate, deoarece efectele sînt relativ nesemnificative.

Un exemplu diferit ca gen este următorul. Din punctul de vedere al dinamicii fundamentale a atmosferei terestre, știința meteorologiei poate considera Pămîntul un sistem închis și poate încerca să rezolve o mulțime complexă de ecuații diferențiale pentru a prevedea întreaga evoluție a atmosferei. Deși actualmente nu este posibil să privești în acest mod întreaga atmosferă, acest lucru este considerat a fi un ideal accesibil. Ceea ce nu se ia în considerare în ecuațiile dinamice fundamentale ale meteorologiei sînt tulburările aleatoare cauzate de tulburări imprevizibile produse la suprafața Soarelui. După cîte știu, nici o analiză fundamentală a ecuațiilor dinamice ale atmosferei terestre nu încearcă să includă ecuații care să dea seama de apariția petelor din Soare și de alte tulburări de la suprafața acestuia care afectează atmosfera terestră. (Pentru date privind un efect puternic în timpul domniei lui Ludovic al XIV-lea, vezi Eddy, 1976; pentru o viziune mai conservatoare și oarecum mai sceptică, vezi Evans, 1982.) Totuși, nici măcar un asemenea fenomen nu este, probabil, de natură să-l deranjeze prea tare pe deterministul radical, care se va mulțumi probabil să rămînă la fel de ferm ca și Kant în convingerea sa privind caracterul fundamental corect al fizicii newtoniene: ecuațiile dinamice fundamentale ale meteorologiei sînt, bineînțeles, corecte conform tradiției fizicii clasice. El ar privi pur și simplu aceste influențe sau forțe externe ca pe niște lucruri dificile de tratat în detaliu, dar nicidecum surprinzătoare sub aspect conceptual.

Bineînțeles, eu cred că această poziție este greșită, așa cum voi arăta mai detaliat ulterior, dar din fericire există și linii de atac mai profunde.

Un al treilea tip, mai fundamental, de indeterminism se manifestă atunci cînd ecuațiile mișcării unui fenomen sînt ele însele ecuații statistice, adică evoluția sistemului nu este deterministă la nivelul ecuațiilor de bază folosite în predicție. În cazul fenomenelor ce fac obiectul ecuațiilor statistice nu există (în cadrul dat) speranța de a prevedea sau de a putea determina exact cursul viitor sau trecut al evenimentelor. Dar, în acest al treilea caz, trebuie făcută deja o delimitare importantă. În primul rînd, ecuațiile diferențiale statistice, ecuațiile dinamice fundamentale ale unui fenomen, pot fi utilizate nu datorită convingerii ferme că fenomenele în cauză au caracter indeterminist, ci mai curînd datorită faptului că fenomenele fiind complexe putem aproxima cel mai bine cursul real al evenimentelor utilizînd astfel de ecuații aleatoare. Exemple se pot găsi în hidrodinamica sau aerodinamica fluidelor, bunăoară atunci cînd se ia în considerare propagarea undelor în medii neomogene; în sisteme chimice cu procentaje mici de impurități; în sisteme economice a căror microanaliză fie că nu e cunoscută, fie că implică o colecție de date prea vastă pentru a putea fi realizată; și în sisteme biologice care au același caracter. De exemplu, în biologie putem crede că fizica și chimia fundamentală a celulelor pot fi înțelese la nivelul fizicii clasice și totuși să poată fi aplicate studiului mișcării fluidelor și celulelor în medii poroase etc. — ecuații mai curînd statistice decît deterministe. Din nou, enorma complexitate a situației este cea care justifică alegerea analizei. Filosoful, detașat de chinul luării în considerare a detaliilor ce apar în aceste cazuri, poate încă susține că legile fundamentale ale Universului sînt deterministe și că, în ceea ce privește tezele laplaceeană sau kantiană luate în sens larg, totul este în regulă. Urmînd tradiția dispre-

ţuitoare a ştiinţei şi gîndirii, filosoful poate atribui aplicarea conceptelor probabiliste exigenţelor şi cerinţelor practice ale ştiinţei aplicate.

Aparte de atitudinea faţă de acest dispreţ, la care voi reveni, la nivelul teoriei fundamentale povestea nu se termină aici. Al treilea tip de indeterminism care include ecuaţii statistice se manifestă şi în domeniile cele mai fundamentale ale ştiinţei, şi voi lua acum în discuţie chestiunile ce apar în acest context. Las la o parte, pentru consideraţii ulterioare, relaţia strînsă dintre aleator şi instabilitatea sistemelor dinamice clasice.

Dezintegrarea radioactivă. La nivelul legilor fundamentale ale fizicii, există două linii fireşti de atac. Mai întîi, în fizica clasică există date în favoarea prezenţei aleatorului în dezintegrarea radioactivă. Apoi, există literatura vastă asupra posibilităţii teoriilor cu parametri ascunşi ca suport teoretic al mecanicii cuantice, teorii formulate în scopul restaurării determinismului aşa cum este el conceput în fizica clasică. Vreau să examinez aceste linii de atac, întrucît mi se pare că rezultatul analizei oricăreia dintre ele face extrem de greu de crezut că Universul funcţionează în manieră deterministă.

Am putea începe cu o privire fugitivă asupra unei părţi din cadrul istoriei radioactivităţii. În toamna anului 1895, Roentgen, profesor de fizică la Würzburg, a descoperit accidental razele X şi, printr-o frumoasă serie de experimente, a demonstrat proprietăţile lor fundamentale. (E demn de reţinut faptul că este greu de găsit un exemplu mai bun de aplicare imediată a cercetării pure. La numai trei luni după această descoperire întîmplătoare, razele X erau folosite la cel puţin un spital din Viena în legătură cu operaţiile chirurgicale, iar folosirea mondială a diagnosticului în cazuri chirurgicale s-a răspîndit rapid.)

Însăşi descoperirea radioactivităţii a fost o consecinţă accidentală a unor experimente ce priveau fenomene similare celor observate în jurul razelor X. Mai mulţi cercetători au constatat

că și corpurile fluorescente expuse luminii solare au emanat un tip de radiație similar cu razele X. La începutul anului 1896, cu prilejul unui astfel de experiment, Becquerel a descoperit că mostrele de uraniu și potasiu pe care le folosea emiteau radiații chiar și în întuneric. Curînd după aceea, el a constatat că emisia de radiații de către uraniu era mai mult sau mai puțin independentă de starea lui sub aspectul combinării chimice cu alte substanțe și că nu era nici o legătură între acest fenomen de radiație și fosforescență, subiectul inițial al investigațiilor sale. De asemenea, a constatat că radiația era mai mult sau mai puțin independentă de temperatura compusului de uraniu. Nu după multă vreme, soții Curie au descoperit radiul.

Cel puțin prin 1905 fizicienii se întrebau deja dacă emisia de particule din substanțele radioactive avea caracter determinist sau probabilist. În 1910 Rutherford și Geiger publică un articol asupra acestui subiect, cu o anexă scrisă de Bateman privitor la proprietățile matematice ale proceselor Poisson, iar de-a lungul deceniului următor, sau cam așa ceva, a urmat o suită de studii adiționale. O excelentă sinteză a literaturii, inclusiv o critică detaliată a diferitelor studii, a fost oferită de Kohlrausch în 1926. Deși din punctul de vedere al statisticii moderne celor mai multe dintre aceste studii li se pot aduce critici metodologice, greutatea dovezilor empirice face ca balanța să încline în mod cert în favoarea caracterului statistic al dezintegrării radioactive. Nu există corp sistematic de date empirice privind valabilitatea unei legi deterministe, și pare potrivit ca marele număr de studii asupra acestui subiect să fie interpretat ca sprijinind direct teza că aleatorul există în natură, și nu pur și simplu în ignoranța noastră asupra adevăratelor cauze, cum ar fi vrut Laplace.

Aleatorul în mecanica cuantică. Trec acum la pledoaria ce poate fi făcută în favoarea prezenței aleatorului la un nivel teoretic profund. Este neîndoielnic că exemplul dezintegrării radioactive poate

fi considerat lipsit de semnificație teoretică, deoarece fenomenul în cauză și legile probabiliste ale dezintegrării care descriu adecvat fenomenul nu au o cuprindere teoretică profundă; ca urmare, rămîne deschisă posibilitatea unei teorii mai profunde care să dea seama în mod determinist de fenomenele aparent aleatoare ale dezintegrării. În general, este bine cunoscută opinia lui Einstein că se va găsi o teorie deterministă mai profundă care să subsumeze mecanica cuantică. Căutarea unor atari teorii a ajuns să fie cunoscută drept căutare de teorii cu parametri ascunși. Termenul *parametri ascunși* descrie în mod expresiv lucrul dorit. Speranța este că în spatele variabilelor probabiliste observate în mecanica cuantică se vor găsi variabile cauzale deterministe care să dea seama de fenomenele probabiliste observate, așa cum este caracteristic pentru mecanica statistică clasică. A postula pentru particulele individuale o stare determinată și a introduce aleatorul în termeni laplaceeni potriviți, ca expresie a ignoranței noastre privitor la starea adevărată, face parte din mecanica statistică clasică. (Problemele ce apar pentru determinism din ciocniri au fost deja menționate mai sus, și nu vor fi reluate.)

Analiza teoriilor cu parametri ascunși are o istorie complicată în fizica modernă, începînd cu celebra demonstrație a lui von Neumann că stările fără dispersie și, prin urmare, parametrii ascunși sînt imposibili în mecanica cuantică. Este important să înțelegem ce conexiune există între stările fără dispersie și parametrii ascunși. Stările fără dispersie corespund intuitiv stărilor clasice, în care poziția și impulsul, bunăoară, sînt determinate definitiv și exact. Ideea centrală este că parametrii ascunși conduc la specificarea unor

asemenea stări fără dispersie. Ulterior s-au făcut în literatură variate perfecționări care slăbesc supozițiile lui von Neumann[3].

Într-o frumoasă serie de articole, începînd cu Bell (1964 și 1966), s-a oferit un tratament mult mai rezonabil și mai intuitiv al teoriilor cu parametri ascunși, iar imposibilitatea lor a fost demonstrată experimental la un nivel satisfăcător. Fără a intra în detalii, ceea ce a putut să arate Bell este, în esență, că dacă pornim cu paradoxul Ein-

[3] Principala supoziție a demonstrației lui von Neumann este că orice combinație liniară a doi operatori hermitieni din mecanica cuantică, de exemplu poziția și impulsul, reprezintă o observabilă, iar combinația liniară a speranțelor matematice ale operatorilor este speranța matematică a combinației. Din punct de vedere conceptual, această supoziție poate fi criticată ca una care introduce prin contrabandă multiple și nejustificate supoziții privind rezultatele unor experimente total diferite. Chestiunea este că, în mod obișnuit, ar fi necesare trei experimente diferite: unul pentru prima observabilă, un al doilea pentru a doua variabilă care nu comută și un al treilea pentru combinația liniară a celor două. Date fiind configurațiile experimentale diferite necesare în cele trei cazuri, nu există nici un motiv pentru a presupune că speranțele matematice vor fi valabile pentru stări pure, în opoziție cu mediile din mecanica cuantică. Semnificația argumentului, enunțat bunăoară foarte clar în Bell (1966), este că pentru combinația liniară a observabilelor rezultatele nu pot fi obținute pur și simplu prin calcul. Dacă ar fi fost așa, lucrurile ar fi fost simple. Ceea ce este important este cerința existenței unui al treilea aranjament experimental distinct pentru măsurarea combinației liniare. Poate cea mai valoroasă lucrare în această direcție este cea datorată lui Gleason (1957). Ca rezultat al lucrărilor sale asupra măsurilor într-un spațiu Hilbert, urmează că cerința aditivității pentru speranțe matematice nu poate fi îndeplinită prin stări fără dispersie atunci cînd ea este limitată numai la operatori care comută. Nu e cazul să intrăm în detaliile teoremei lui Gleason, dar este util să rezumăm critica lui Bell conform căreia, în acest cadru, s-a presupus tacit că măsurarea unei observabile trebuie să dea aceeași valoare independent de a altor măsurări care pot fi făcute simultan. Să ne amintim că în acest caz avem de-a face cu operatori care comută și astfel posibilitatea unor măsurări simultane nu este deschisă. Așa cum evidențiază Bell, sînt necesare diferite aranjamente experimentale care depind de alegerea a diferite perechi de operatori, și nu există nici un motiv *a priori* de a crede că rezultatele vor rămîne aceleași pentru un operator care este împerecheat cu diferiți operatori care comută.

stein-Podolsky-Rosen (1935), care argumentează în favoarea incompletitudinii mecanicii cuantice — subiect pe care îl abordez din nou în capitolul 5 —, și dacă insistăm că o teorie cu parametri ascunși ce elimină incompletitudinea trebuie să satisfacă condiții firești ca localitatea și cauzalitatea, atunci, considerînd un sistem simplu cu două particule de spin 1/2, aceste condiții nu pot fi satisfăcute. Nu poate exista nici o teorie cu parametri ascunși pentru asemenea sisteme cu două particule. În contextul acestei analize, Bell a reușit să deducă o inegalitate care a ajuns să fie cunoscută drept „inegalitatea lui Bell" și a fost utilizată de Clauser, Horne, Shimony și Holt (1969) ca și de Freedman și Clauser (1972) pentru a arăta că prin folosirea ei existența parametrilor ascunși locali impune restricții ce sînt, așa cum a arătat inițial Bell, în conflict cu mecanica cuantică și că, în al doilea rînd, noi date experimentale sînt în acord cu mecanica cuantică. În plus, chiar între limitele de precizie ale erorii experimentale, datele violează restricțiile cerute de teoriile cu parametri ascunși locali. (Aceste idei sînt, de asemenea, legate de analiza principiului cauzei comune, de la sfîrșitul capitolului 3, inclusiv de discuția asupra cauzelor probabiliste și deterministe.)

Cred că trebuie spus că rezultatul acestei întregi serii de articole, atît cu caracter teoretic cît și experimental, este acela de a se fi furnizat confirmarea, poate cea mai satisfăcătoare din punct de vedere conceptual, a caracterului în ultimă instanță statistic al mecanicii cuantice pe care deja o avem. Mai mult, din punct de vedere filosofic el dă o nouă lovitură ideilor laplaceene sau kantiene despre determinism care ar reglementa comportarea Universului.

Ce este aleatorul?

Analogia acțiunii la distanță. Aș dori să fac o analogie istorică la dezbaterile curente în jurul existenței aleatorului în natură. Analogia se referă la disputele din secolul al XVII-lea privind acțiu-

nea la distanță. Se știe că Descartes era foarte ostil acțiunii la distanță și că în parte și-a elaborat faimoasa teorie a virtejurilor pentru a da seama de fenomenele lumii vizibile într-un mod care să nu reclame acțiunea la distanță. Fanteziile lui despre felul în care funcționează universul fizic au fost articulate destul de detaliat în părțile a III-a și a IV-a ale lucrării *Principia Philosophiae*. Neîndoielnic, multe dintre ideile propuse de el nu mai prezintă interes pentru fizică, dar, din alte motive, voi reveni la acea parte a III-a în capitolul 5. Prestigiul viziunii sale asupra altor subiecte și capacitatea persuasivă a multora dintre discipolii săi au făcut ca opinia lui despre acțiunea la distanță să domine în secolul al XVII-lea. Într-adevăr, ea domina într-o asemenea măsură încît însuși Newton s-a ferit să-și numească legea gravitației altfel decît o ipoteză matematică, pentru a nu intra în conflict cu fizica lui Descartes [4]. Chiar la universitatea lui Newton, faimoasa carte a lui Rohault despre fizica lui Descartes a fost considerată *Manualul* de fizică, și aceasta încă mulți ani după ce au fost publicate *Principia* lui Newton.

Atitudinea carteziană față de acțiunea la distanță este similară concepției neokantiene și neo-

---

[4] Expresia concretă *actio in distans* nu apare, cred, nicăieri în *Principia* lui Descartes. Totuși, referiri la acțiunea la distanță pot fi găsite peste tot în celelalte scrieri ale sale. Descartes era preocupat îndeosebi să dea gravitației o explicație care să evite orice referire la forțe oculte, adică la forțe care presupun o atracție inerentă corpurilor aflate la distanță sau acționează într-o manieră similară acțiunii sufletului. Iată cîteva exemple. Într-o scrisoare către Mersenne, din 13 iulie 1638, el examinează trei explicații posibile ale gravitației și respinge în mod explicit atracția (*Oeuvres*, Adam and Tannery, eds., II, 223—224). Într-o scrisoare către prințesa Elizabeth, din 21 mai 1643, afirmă că gravitația, căldura etc. nu sînt substanțe distincte de corp și că nu vedecum atracția ar lucra ca un mecanism (*op. cit.*, III, 667). Într-o altă scrisoare către un corespondent necunoscut, el afirmă că gravitația nu are drept cauză nici o calitate reală, nici vreo atracție a pămîntului (I, 324). Și încă un pasaj spune că a înzestra particulele cu puterea de a acționa la distanță ar însemna a le face „vraiment divines" (IV, 396).

laplaceene despre determinism. Întotdeauna se poate susține într-un mod logic consistent că desfășurarea Universului în timp este un fenomen determinist dar că noi pur și simplu nu avem cheia tuturor detaliilor, însă o atare viziune este, dacă nu logic inconsistentă, totuși foarte improbabilă și nesusținută de dovezi. Dacă o concepție detaliată despre natura fenomenelor fizice nu se poate sprijini cumva pe dovezi empirice organizate și sistematice, este improbabil ca ea să fie luată în serios multă vreme. Mie mi se pare că greutatea probelor empirice, chiar lăsînd la o parte mecanica, sprijină existența aleatorului în natură.

Afirmînd că manifestarea aleatorului în natură este foarte frecventă, aș dori să examinez oarecum mai detaliat concepția că Universul are în esență caracter probabilist, sau, pentru a vorbi mai familiar, că în lume foarte multe se petrec la întîmplare. Chestiunea cea mai importantă este de a spulbera iluzia că, întrucît fapte întîmplătoare pot fi întîlnite pretutindeni, analiza fenomenelor ar deveni prea complicată, prea dezordonată, și, ca urmare prea dificilă pentru a ne mai lăsa vreo speranță în privința elaborării unor teorii sistematice Una dintre temele acestei cărți este aceea că a recunoaște cît de schematică trebuie să fie orice cunoștință de-a noastră despre Univers și că însăși cunoașterea comună are caracter schematic și probabilist înseamnă a reveni la realism, realism în sensul de realism al credințelor noastre și nu în sensul realismului ontologic. Este greșit și lipsit de orice speranță să crezi că poți urmări pînă în pînzele albe un șir de evenimente determinante într-un Univers angrenat cu totul într-o unică mișcare uriașă înainte. Independența este și ea asociată aleatorului. Principala supoziție fizică a dezintegrării radioactive poate fi enunțată într-o manieră absolut elementară și calitativă, în timp ce, prin contrast, dacă s-ar cere, conform felului de a gîndi existent cîndva în fizica clasică, o teorie deterministă a orbitelor electronilor în jurul nucleelor, detaliile ar fi extraordinar de complicate și dificile.

Majoritatea datelor experimentale oferite de contorul Geiger sau de instrumente de măsură similare înregistrează numărul emisiunilor provenite de la o masă determinată de substanță radioactivă în perioade de timp egale, de exemplu la intervale de două secunde. Dacă abordăm teoria luînd în considerare intervale de timp discrete și egale, obținem o formulare neobișnuit de elementară a legii probabiliste fundamentale: pur și simplu probabilitatea dezintegrării unui atom oarecare în următorul interval, fiind stabilit că nu s-a dezintegrat înainte de intervalul n, este aceeași cu probabilitatea dezintegrării lui în primul interval. Cu alte cuvinte, atomii nu au istorie, și această simplă supoziție privind absența efectului istoriei ne permite să derivăm direct distribuția geometrică (sau exponențială) cu un singur parametru pentru legea dezintegrării. Remarcați cît de drastică și de simplificatoare este această supoziție (ca și aceea a independenței fiecărei aruncări a monedei). Ea spune că, dacă un atom nu s-a dezintegrat timp de o mie de ani, probabilitatea dezintegrării în următoarele două secunde este aceeași cu aceea a dezintegrării lui în primele două secunde ale perioadei considerate. (Pentru o discuție detaliată a acestui exemplu din punctul de vedere al teoriei tendențialiste a probabilităților [a propensity theory of probability] vezi Suppes, 1973b).

Ar trebui, de asemenea, să reținem cît de naturală este înclinația de a dori să deducă efecte complicate din istoria atomului și de a fi psihologic nesatisfăcut de o supoziție atît de simplă. Sîntem, desigur, înclinați să spunem: „Ceva se petrece totuși în interiorul atomului în toată această perioadă, și efectul celor ce se petrec trebuie să fie cumulativ și să afecteze cumva probabilitatea dezintegrării". Avem de-a face cu același tip de simplificare drastică întîlnită atunci cînd legea newtoniană a atracției a înlocuit ipoteza complicată și greoaie a vîrtejurilor datorată lui Descartes. Sentimentul era că, desigur, gravitația nu putea fi atît de simplă. Același fel de a vedea, transpus în

vremea noastră, se aplică celor care nu pot admite aleatorul în natură. Că asemenea concepții sînt greu de acceptat, chiar de către cei care le descoperă, este un fapt ilustrat foarte bine de faimoasa scrisoare a lui Newton către Richard Bentley din 25 februarie 1692/3, în care cel dintîi respinge cu violență însăși concepția despre gravitație ca forță acționînd la distanță. Voi cita cel mai important pasaj:

> Este de neconceput că o materie brută, lipsită de viață ar putea, fără medierea a altceva care să nu fie material, să acționeze asupra unei alte materii, afectînd-o fără contact reciproc, cum ar trebui să fie dacă gravitația, în sensul lui Epicur, i-ar fi esențială și inerentă. Și acesta este un motiv pentru care am dorit să nu-mi atribuiți mie gravitația intrinsecă. Că gravitația ar fi intrinsecă, esențială și inerentă materiei, astfel că un corp ar putea înrîuri pe altul, aflat la distanță, prin vid, fără medierea a orice altceva prin care acțiunea și forța lor să se transmită de la unul la celălalt, este pentru mine o absurditate atît de mare încît cred că nici un om care are o facultate de gîndire competentă în probleme filosofice nu-i poate cădea vreodată pradă. Gravitația trebuie să fie cauzată de un agent ce acționează constant conform anumitor legi; dar dacă acest agent este material sau imaterial este o chestiune pe care am lăsat-o spre examinare cititorilor mei (Bentley, 1838, p. 211—212).

Idealizările deterministe ale fizicii clasice s-au numărat printre cele mai înșelătoare rătăciri ale întregii gîndiri filosofice inaugurate de primele meditații ale presocraticilor. Acea perioadă minunată a fizicii care durează de la Newton la Maxwell este, cît privește principalele tendințe ale gîndirii omenești, o extraordinară rătăcire. Teologia naturală a fost înlocuită de mecanica cerească și, încă o dată, totul părea a fi în regulă cu lumea. Dar a lua în serios teoriile deosebit de limitate ale fizicii clasice, în special mecanica clasică, ca

pe un mod de a reda nesfîrșita variație a fenomenelor naturale, și a nu recunoaște în același timp incapacitatea lor reală de a explica cele mai multe dintre fenomenele naturale este, într-adevăr, mai curînd o caracteristică a metodei religioase decît a metodei științifice în acțiune. Nu numai universul cuantic are o componentă aleatoare esențială: o are aproape fiecare aspect al experienței. Dovezile empirice sprijină teza că fenomenele aleatoare sau probabiliste se găsesc chiar în natură, și nu doar în lacunele cunoașterii.

O posibilă replică la ceea ce am spus ar putea fi aceea că sub aspect metafizic se poate susține că toate fenomenele sînt reglementate de legi deterministe ce guvernează complet comportarea lor. Faptul că variatele discipline științifice care conțin numai teorii probabiliste — în caz că ele conțin măcar o teorie — nu pot face mai mult nu este decît rezultatul unui eșec epistemologic. Universul este ceea ce este, și e de neimaginat că evenimentele pur și simplu se întîmplă. Este destul de firesc ca adesea să nu putem determina cu succes cauzele evenimentelor, dar această dificultate larg răspîndită nu trebuie să afecteze concepțiile noastre metafizice fundamentale. Nu există, bineînțeles, nimic inconsistent în această poziție, dar ea este, susțin eu, o excelentă modalitate de a face metafizica irelevantă pentru știință și pentru experiența comună, așa cum mulți o consideră deja.

Ca orice ramură a științei, o metafizică supusă revizuirii continue ar trebui să facă toate eforturile pentru a se adapta teoriilor științifice bine elaborate, ca și trăsăturilor bine confirmate ale experienței obișnuite. Așa cum am mai spus de multe ori, o asemenea metafizică descriptivă n-ar avea nici o dificultate în a face loc aleatorului în natură [5].

---

[5] Deși statutul metafizic al modalităților necesității și posibilității are o istorie prea complicată pentru a fi examinată aici, plasarea aleatorului în natură promovează candidatura probabilității ca o modalitate metafizică suplimentară. În viziunea subiectivă, enunțul *Este probabil ca mîine să plouă*

Aleatorul și complexitatea. Am scris pînă acum în acest capitol ca și cum dihotomia dintre fenomenele deterministe și fenomenele aleatoare ar fi absolută. O dificultate a expunerii a fost pînă acum aceea că nu am făcut efortul de a defini aleatorul. Am enunțat în mod neformal, cel puțin în cazul mecanicii, un concept bine definit de determinism. Ar fi posibil să dăm diviziunii un caracter absolut și logic întemeiat spunînd pur și simplu că aleatoare sînt acele fenomene care nu sînt deterministe. Într-o formulare ceva mai satisfăcătoare, am spune că fenomenele au o componentă aleatoare dacă ele nu sînt deterministe.

Referirea la teoremele standard din mecanică privind istoriile trecute și viitoare ale mișcărilor particulelor, istorii bine determinate odată ce sînt cunoscute forțele și sînt date condițiile inițiale de poziție și impuls, este prea elementară. Cînd datele pe care le deținem nu duc la un rezultat determinat, putem fi în stare să spunem doar că nu am avut întreaga informație pe care ar fi trebuit să o avem. În alte cazuri, putem dori să spunem că nu este rațional să încerci a formula fenomenul într-un cadru mecanic și deci că o caracterizare a determinismului în cadrul mecanicii clasice este o idee prea restrictivă. Multiplele complicații generate rapid prin intrarea detaliată în aceste chestiuni nu pot fi tratate adecvat aici. Pe de altă parte, eforturile matematice constructive de a defini aleatorul conduc, cred, la unele

---

exprimă o atitudine propozițională. Pe de altă parte, în viziunea susținută aici enunțul *Este probabil ca acest gram de radiu să se dezintegreze în mai puțin de X ore* este socotit un enunț fizic de același fel cu *Este necesar din punctul de vedere al mecanicii ca centrul masei acestui sistem mecanic să se miște uniform în linie dreaptă.* Așa cum ilustrează aceste exemple, enunțurile modale particulare pot fi, de exemplu, despre sisteme fizice particulare, dar modalitățile în sine au o natură metafizică datorită generalității și aplicabilității lor largi. (Opoziția exprimată în această notă între viziunea subiectivă și cea obiectivă asupra probabilității are în vedere doar scopuri imediate, aflate la îndemînă. În ultima secțiune a capitolului 4 se încearcă reconcilierea lor.) Pentru o discuție mai extinsă în jurul probabilității și modalității, vezi Suppes (1974b).

observații interesante privind relația dintre determinism și aleator. Începînd cu un articol al matematicianului sovietic Kolmogorov (1963), care la rîndul său se bazează pe eforturile mai timpurii ale lui Richard von Mises de a defini probabilitatea în termeni de limite ale frecvențelor relative în serii aleatoare infinite, s-a dezvoltat o literatură substanțială destinată caracterizării aleatorului în cazul seriilor finite. Ideea centrală a fost aceea de a face aleatorul dependent de complexitate. Ideea intuitivă este că numai seriile foarte complexe sînt aleatoare. Lucrări timpurii importante, pe lîngă aceea a lui Kolmogorov, au fost cele ale lui Solomonoff (1964a și 1964b), Martin-Löf (1966) și Chaitin (1969). O bună prezentare de ansamblu se găsește în capitolul 5 din Fine (1973).

Ca noțiune generală, complexitatea pare chiar mai vagă decît noțiunea intuitivă de aleator. Dar meritul acestor cercetări recente este acela de a oferi o definiție a complexității și, prin aceasta, a aleatorului într-un mod care pare intuitiv satisfăcător și în același timp precis. Mai întîi, să gîndim lucrurile doar în termeni de serii de unu și zero, bunăoară o serie de aruncări ale monedei. Dacă seria e formată numai din unu, intuitiv este foarte simplă. De asemenea, dacă seria urmează vreun model regulat simplu, de exemplu alternarea de unu și zero, complexitatea pare tot foarte scăzută. Modul în care este prinsă formal această idee este în termenii lungimii unui program care s-ar cere pentru descrierea seriei de către un anumit calculator și într-un anumit limbaj, de exemplu BASIC, FORTRAN, PASCAL sau LISP. Cu cît programul în limbajul dat este mai lung, cu atît seria este mai complexă. Astfel, este ușor de scris, bunăoară, un program necesar generării sau descrierii unei serii numai din unu sau alternantă. Pe de altă parte, un program care descrie ceea ce noi socotim intuitiv a fi o serie aleatoare de zero și unu va fi aproximativ de lungimea seriei însești. Complexitatea este astfel caracterizată în termenii lungimii progra-

mului, şi numai seriile de înaltă complexitate sînt aleatoare. Cînd seriile sînt finite, va exista în mod necesar un element arbitrar în caracterizarea complexităţii înalte şi, prin urmare, a aleatorului. Este de asemenea corect a declara că lucrînd cu date empirice reale avem de-a face totdeauna cu serii finite, niciodată cu serii infinite. Prin urmare, este corect să declarăm că nu există o dihotomie absolută între fenomenele aleatoare şi cele deterministe. Linia despărţitoare nu este bine definită. Cel mai bun lucru pe care-l putem obţine este o bună noţiune comparativă privind condiţiile în care un tip de fenomen este mai aleator decît altul. Ideea de a nu trage o linie despărţitoare absolută între fenomenele deterministe şi cele probabiliste este atractivă din mai multe puncte de vedere. Adeseori răspunsul ştiinţific firesc la date complexe este să spui că, dacă ar exista timpul necesar construirii unor funcţii îndeajuns de complicate, atunci s-ar putea da seama de date. Există de asemenea o întreagă ştiinţă a ajustării curbelor în statistică, inclusiv privitor la chestiunea numărului de parametri pe care este rezonabil să-i estimăm în ajustarea curbelor. Din încă un alt punct de vedere, am putea argumenta că modul corect de a gîndi această chestiune este în termenii predicţiei. Adevăratul test al determinismului este predictibilitatea. Fenomenele pe care nu le putem prevedea trebuie considerate aleatoare. Cei mai mulţi dintre noi simt, totuşi, că în absenţa a diferite tipuri de amendamente acesta este probabil un criteriu prea sever.

Sub rezerva celor menţionate în paragraful următor, cred că este satisfăcător a gîndi despre aleator în termeni de înaltă complexitate şi a adopta poziţia că nu există o dihotomie absolută între determinism şi aleator. A afirma o dihotomie absolut clară este, din punct de vedere filosofic, prea artificial. Astfel, cîteva dintre enunţurile din acest capitol făcute în spiritul discuţiilor în mare măsură uzuale despre aleator trebuie uşor amendate pentru a ţine seamă de ceea ce spun aici despre complexitate. Dar aceste moduri obiş-

nuite de vorbire vor fi folosite în continuare, chiar de către cei care acceptă punctul central al chestiunii pe care tocmai am încercat să o scot în evidență.

Aleatorul fizic și stabilitatea. Există mai multe trăsături nesatisfăcătoare ale caracterizării aleatorului prin complexitate. Mai întîi, noi socotim intuitiv anumite procese fizice ca fiind aleatoare. Fără a fi neapărat foarte preciși, ne gîndim la aceste procese ca avînd caracteristici care le fac intrinsec aleatoare. Acest mod de a vedea procesele ca fiind aleatoare contrastează cu criteriul rezultatului extern formulat în termenii complexității. Bineînțeles, aceasta nu înseamnă că cele două moduri de a privi aleatorul nu ar fi legate. Dar cerința caracterizării intrinseci a proceselor aleatoare este firească, și trebuie satisfăcută de orice teorie adecvată.

Procedeele fizice, de un fel sau altul, care generează aleatorul sînt familiare oricărei persoane ce a avut măcar un contact foarte superficial cu jocurile de noroc. Amestecarea cărților, aruncarea zarului către o suprafață verticală și învîrtirea discului ruletei sînt trei exemple standard. Exceptînd împrejurările neobișnuite, apreciem aceste procese de generare a aleatorului pe baza simetriei lor și a altor trăsături, nu pe baza unui studiu atent al rezultatelor. Într-adevăr, înclinația de a aprecia procesul fără a acorda o atenție amănunțită rezultatelor reale pare foarte răspîndită. În ciuda pasiunii răspîndite pentru jocurile de noroc din vechea lume romană, de exemplu, nu există dovezi că cineva ar fi analizat cu adevărată grijă șirurile de rezultate[6].

[6] Pasiunea împăraților romani pentru jocuri de noroc a fost relatată cum se cuvine de Suetoniu. Claudius a scris o carte despre jocurile de noroc, carte care, din nefericire, nu s-a păstrat. Pentru o bună analiză a acestor chestiuni, inclusiv fotografii ale mijloacelor antice folosite în jocurile de noroc, vezi David (1962). Aceeași absență a analizei se remarcă în China antică și medievală în ciuda importantei utilizări a zarului în divinație (cf. Needham, 1959, vol. III, p. 139).

Din fericire, această viziune asupra aleatorului orientată către proces, atît de adînc înrădăcinată în moștenirea noastră legată de jocurile de noroc, a fost susținută în secolul nostru de o mulțime semnificativă de lucrări matematice. Aceste lucrări sînt sursa celei de-a doua chestiuni pe care o voi scoate în evidență în legătură cu definirea aleatorului pe baza complexității. Analiza aleatorului în sistemele dinamice clasice, adică în sistemele fizice care satisfac legile lui Newton, împreună cu alte constrîngeri în mai mare măsură particulare, cum ar fi aceea că singurele forțe ar fi cele gravitaționale, s-a centrat pe conceptul de stabilitate mai curînd decît pe cel de determinism sau de complexitate. Așa cum s-a menționat deja, din punct de vedere intuitiv un sistem dinamic este stabil dacă traiectoriile care erau apropiate în poziția inițială rămîn apropiate [7]. Zarul și discul ruletei sînt bune exemple de sisteme instabile, instabilitatea fiind o proprietate esențială pentru utilizarea lor ca mijloace ale jocurilor de noroc. Ele posedă, de asemenea, o trăsătură importantă care este caracteristică celor mai multe mijloace ale jocurilor de noroc, și anume unele proprietăți de simetrie. Desigur, instabilitatea nu implică simetria, nici invers, dar cele două trăsături

---

[7] Există mai multe concepte de stabilitate. Condiția Liapunov clasică pentru un sistem de ecuații diferențiale obișnuite este cea care urmează și care formalizează descrierea intuitivă din text. Fie un sistem de ecuații diferențiale:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, \ldots, x_n, t) \qquad i = 1, \ldots, n \tag{1}$$

O soluție $y_i(t)$, $i = 1, \ldots, n$ a lui (1) cu condițiile inițiale $y_i(t_0)$ este o soluție stabilă Liapunov dacă pentru orice număr real $\varepsilon > 0$ există un număr real $\delta > 0$ astfel că pentru fiecare soluție $x_i(t)$, $i = 1, \ldots, n$, dacă

$$|x_i(t_0) - y_i(t_0)| < \delta \qquad i = 1, \ldots, n$$

atunci

$$|x_i(t) - y_i(t)| < \varepsilon \qquad i = 1, \ldots, n$$

pentru orice $t \geqslant t_0$.

asociate fac aproape în mod universal parte din gîndirea noastră privitoare la jocurile de noroc, care exemplifică în mod firesc clasa sistemelor dinamice generatoare de fenomene aleatoare (pentru o bună analiză a acestei chestiuni, vezi von Plato, 1983; pentru remarci mai amănunțite despre stabilitate, vezi secțiunea asupra problemei celor N corpuri din capitolul 6).

Rezumat

Au fost menționate patru clase de fenomene din natură care manifestă proprietăți aleatoare. Prima și cea mai răspîndită pretutindeni este clasa fenomenelor obișnuite, centrate în mod special, dar nu exclusiv, pe percepția umană a imaginilor, sunetelor și mirosurilor. A doua clasă constă în diferite sisteme dinamice clasice, pentru care există elaborări teoretice considerabile. A treia constă în mecanica statistică, aflată încă în cadrul fizicii clasice. Există, iarăși, elaborări teoretice semnificative, incluzînd teoria mișcării browniene, care este, din multe puncte de vedere, teoria proceselor perfect aleatoare. În al patrulea și ultimul rînd, sînt fenomenele atomice și subatomice ale mecanicii cuantice. Fără a mă aștepta la acordul tuturor părților, eu susțin fiecare din cele patru clase ca pe o clasă de fenomene ce pledează în favoarea prezenței aleatorului în natură, însă în mod evident mecanica cuantică este cea care furnizează cele mai puternice temeiuri pe care să se sprijine argumentarea.

Pe baza unei largi varietăți de fenomene fizice și a multor fenomene omenești particulare, apare următoarea perspectivă: *Legile fundamentale ale fenomenelor naturale au în esență mai curînd caracter probabilist decît determinist.*

3

CAUZALITATEA ȘI ALEATORUL

A afirma, așa cum am făcut în cel de-al doilea capitol, caracterul fundamental probabilist al multor legi de bază din știință și al experienței obișnuite înseamnă, pentru unii, a nega aplicabilitatea conceptelor cauzale la fenomenele guvernate de legi probabiliste. Teza că, dacă am considera fundamentale legile probabiliste sau statistice, ar fi imposibilă analiza cauzală propriu-zisă a fenomenelor este o idee greșită de care a fost impregnată o mare parte a gîndirii apusene de la Aristotel pînă azi. Ideea că fiecare eveniment are o cauză determinantă suficientă este una dintre cele mai frapante urme ale metafizicii neotradiționale care pot fi găsite în filosofia contemporană a științei. Din păcate, urmele rezistă, și nu-mi fac deloc iluzia că ceea ce voi spune îi va convinge pe cei care le sînt ferm atașați. Spre deosebire de unii metafizicieni moderni, nu sînt, totuși, pentru un spirit ecumenic în aceste chestiuni.

Fără nici o pretenție de a fi complet, pare de dorit să încep discuția detaliată cu o privire asupra unor concepții filosofice clasice. Voi începe cu Aristotel și teoria sa asupra norocului sau întîmplării. Voi trece apoi direct la secolul al XVIII-lea și la faimoasa analiză humeană a cauzalității, pe care în mare parte o împărtășesc, dar care cred că nu acordă atenția cuvenită fenomenelor întîmplătoare. După Hume îl voi examina pe Kant, care, de asemenea, nu acordă deloc o atenție conceptuală veritabilă probabilității — de fapt, el o face chiar mai puțin decît Hume. Analizele înru-

dite, dar diferite, făcute de Hume şi Kant cauzalităţii au dominat mare parte din filosofia modernă. Apoi voi reveni, în spiritul a ceea ce am spus în capitolul 1, la o concepţie mai ştiinţifică asupra cauzalităţii. Mă voi întoarce la de Moivre, care este puţin anterior lui Hume în secolul al XVIII-lea, şi apoi mai departe la Bayes şi Laplace. În analiza pe care o fac conceptelor lui de Moivre, Bayes şi Laplace susţin că ignorarea dezvoltării teoriei probabilităţilor în secolul al XVIII-lea a avut urmări dezastruoase pentru istoria ulterioară a gîndirii filosofice despre cauzalitate.

Voi trece apoi la definiţii sistematice ale conceptelor cauzale, dar într-un spirit plin de înţelegere faţă de o mare parte din opera timpurie a lui Bayes şi Laplace. Voi încheia capitolul cu o analiză a cinci exemple de intuiţii opuse asupra cauzalităţii din literatura filosofică recentă.

Concepţii filosofice clasice

Aristotel despre noroc şi întîmplare. Angajarea faţă de o versiune sofisticată a doctrinei scopurilor l-a împiedicat pe Aristotel să ofere o analiză mai adîncă a fenomenelor întîmplătoare. Am în vedere locul central rezervat noţiunilor de intenţie sau scop în analiza aristotelică a fenomenelor naturale şi faptul că el începea aproape totdeauna analiza cu examinarea comportamentului uman sau al fiinţelor vii, şi nu al celui propriu fenomenelor fizice neînsufleţite. Spre deosebire de concepţia pe care o susţin, Aristotel a redus noţiunile de noroc şi întîmplare la conceptul de cauzare accidentală, iar în schema lucrurilor nu a lăsat întîmplării nici un loc distinct de acela al cauzării. La acest aspect aristotelic, mi se pare, aderă permanent toţi marii filosofi, de la Aristotel la Kant, inclusiv Descartes, Locke, Hume şi chiar Berkeley. Datorită acestei puternice continuităţi istorice, merită să fie examinate principalele pasaje aristotelice referitoare la aceste chestiuni. Cele mai importante dintre ele pot fi găsite în cartea a doua a *Fizicii*,

mai ales capitolele 4—6, textele pe care le citez fiind extrase din aceste capitole (ediția Loeb).

Conceptul aristotelic de întîmplare sau noroc (*tychē*) este ilustrat de exemplul omului care se duce la piață și întîlnește acolo din întîmplare un datornic care îi plătește datoria (196b 36). În cazul descris, Aristotel spune:

> Se poate spune de fapt că el a venit acolo, „din întîmplare", pe cită vreme dacă acela ar fi fost scopul pe care și l-a propus sau dacă el ar fi mers mereu la piață, ori dacă, în general, își recupera datoriile cînd se ducea acolo, n-am spune că rezultatul s-a datorat întîmplării. În mod clar, așadar, întîmplarea însăși, privită ca o cauză, este numele pe care îl dăm cauzării care se produce în mod accidental printr-o acțiune intenționată care urmărește alt scop, dar duce la evenimentul pe care îl numim norocos (197a 5)*.

Este important de subliniat că norocul e strîns legat de intenție. Cum zice Aristotel, „astfel, fiindcă alegerea implică intenție, urmează că norocul [*tychē*] și intenția privesc același fel de lucruri" (197a 8). Cu alte cuvinte, numai un agent pus în fața alegerii poate fi supus norocului. O piatră, un nor sau un rîu nu pot fi. Aristotel construiește în limite destul de înguste clasa acestor agenți, cum spune chiar el mai tîrziu în capitolul 6: „de aceea nici lucrurile lipsite de viață, nici fiarele, nici pruncii nu pot vreodată aduce ceva la îndeplinire prin tychē, căci ei nu-și exercită capacitatea de a alege" (197b 7).

---

* Conceptul aristotelic de tychē a fost tradus în limba engleză prin *luck* și *fortune*, expresii care echivalează cu *noroc*, *șansă* sau *întîmplare*. Poate că cea mai bună traducere românească a lui *tychē* ar fi fost, în contextul de față, *întîmplare norocoasă* sau *șansă*, dar, pentru a nu ne îndepărta nici de versiunea englezească, nici de traducerea lui N.I. Barbu utilizată aici, am păstrat varianta *întîmplare* sau *noroc*. — *Nota trad.*

Pentru Aristotel, o noțiune mai largă este cea de automaton sau hazard [1]. Din nou, într-un exemplu caracteristic, Aristotel spune:

> Noi atribuim hazardului [*automaton*] faptul că un cal scapă de o primejdie ajungînd accidental într-un loc sigur. Sau, încă, dacă un trepied se întîmplă să cadă pe propriile picioare pentru ca un om să stea pe el, aceasta se datorează hazardului [*automaton*], căci, deși un om l-ar pune pe picioare avînd în vedere calitatea lui de loc de șezut, forțele naturii care au guvernat căderea sa nu au avut acest scop. (197b 15).

Deși pentru Aristotel piatra care cade și lovește un om nu cade cu scopul de a-l lovi, există o redare absolut naturală a cauzării — a ceea ce Aristotel ar numi *cauzare accidentală* —, așa cum există o analiză în termeni de cauzare accidentală a întîlnirii omului cu datornicul său în piață atunci cînd se duce acolo din alt motiv.

Două lucruri merită să fie reținute din analiza lui Aristotel. Primul, care este evident, este opoziția dintre acțiuni efectuate deliberat și evenimente care apar ca rezultat al norocului *(tychē)* sau al hazardului *(automaton)*. Cele două nu se integrează; în fapt, ele trebuie privite ca linii separate de explicare în termeni cauzali. Cînd explicația cauzală a unei acțiuni poate fi dată în termeni de

---

[1] În *Fizica*, cartea 2, 197b 20—25, Aristotel discută explicit etimologia lui *automaton*, și pune problema astfel: „așadar, *automaton* înseamnă, așa cum implică forma cuvîntului, manifestare care în sine *(auto)* nu are nici un scop *(maten)*". Se susține uneori că etimologia lui Aristotel este incorectă și că înțelesul originar este cel al lui *gîndește;* astfel, un automaton ar fi cineva care gîndește și acționează de sine stătător, ceea ce, bineînțeles, este mai aproape de utilizarea din teoria contemporană a automatelor. (*Nota trad.:* Expresia aristotelică *automaton*, redată în limba engleză prin *chance* (întîmplare), a fost tradusă de N. I. Barbu tot prin întîmplare, ca și *tychē*. Această traducere estompează însă atît diferența existentă în original între *tychē* și *automaton*, cît și diferența existentă în versiunea englezească între *luck* și *chance*. Aceste diferențe fiind esențiale, căci pe ele se bazează argumentarea lui Suppes, am preferat să le păstrăm, traducînd pe *automaton* prin *hazard*.)

motive sau scopuri, nu este nevoie — de fapt, ar fi chiar nepotrivit — să i se dea o explicație în termeni de noroc sau hazard.

Apoi, Aristotel subliniază că norocul *(tychē)* nu poate fi calculat, pentru că, spune el, „noi calculăm numai plecînd de la serii necesare sau normale, iar norocul acționează în afara acestora" (197a 20). Privitor la acest ultim element, este important de notat faptul că dacă norocul nu poate fi calculat, aceasta nu înseamnă că nu s-ar putea face o analiză în termeni de cauzare după producerea evenimentului. Cu alte cuvinte, nicăieri în analiza aristotelică a lui *tychē* sau *automaton* nu se introduce aleatorul.[2]

Hume. Într-un sens, este ușor să modificăm faimoasa analiză humeană a cauzalității astfel încît să obținem o caracterizare probabilistă a cauzelor. Hume susținea că relația dintre cauză și efect are trei caracteristici esențiale, și anume contiguitatea în spațiu, succesiunea în timp și alăturarea constantă. Pentru moment, să lăsăm la o parte considerațiile privind contiguitatea și succesiunea și să vedem doar ce spune el în legătură cu alăturarea constantă.

Cel mai important pasaj separat privitor la alăturarea constantă este, probabil, cel ce urmează.

> Așadar, numai pe baza EXPERIENȚEI putem deduce existența unui obiect din a altuia. Natura experienței este aceasta. Ne amintim că am întîlnit frecvente exemple de existență a unei specii de obiecte; de asemenea, ne amintim

[2] În ultimul paragraf al capitolului IX din *Despre interpretare*, în încheierea faimoasei analize a viitorilor contingenți, Aristotel spune: „Căci o parte a amintitei contradicții trebuie să fie adevărată și cealaltă falsă. Dar noi nu putem spune care parte este așa și care altfel. Deși se poate ca una să fie mai probabilă, ea încă nu poate fi adevărată sau falsă" (19a36—39 ed. Loeb). Dar această idee de probabil nu este dezvoltată și nu sugerează că, în opoziție cu celelalte pasaje citate, Aristotel s-ar fi apropiat de susținerea existenței aleatorului în natură.

că indivizii altor specii de obiecte le însoțeau totdeauna pe primele, existînd într-o ordine regulată de contiguitate și succesiune față de ele. Astfel, ne amintim că am văzut acea specie de obiect numită *flacără* și că am simțit acea specie de senzație numită *căldură*. Ne revine, de asemenea, în minte alăturarea lor constantă în toate cazurile anterioare. Fără multă vorbă, o numim pe una *cauză* și pe cealaltă *efect*, deducînd existența uneia din cealaltă. În toate cazurile din care am aflat de alăturarea unor cauze și efecte particulare, atît cauzele cît și efectele au fost percepute de simțuri și revin în amintire: dar, în toate cazurile pe marginea cărora raționăm, există numai un lucru perceput sau amintit, celălalt fiind furnizat în conformitate cu experiența trecută.

Astfel, înaintînd, am descoperit pe nesimțite o nouă relație între cauză și efect, atunci cînd ne așteptam mai puțin și cînd eram preocupați în întregime de alt subiect. Această relație este ALĂTURAREA lor CONSTANTĂ. Contiguitatea și succesiunea nu sînt de ajuns pentru a ne face să declarăm că două obiecte sînt cauză și efect, dacă nu percepem că aceste două relații se păstrează în mai multe cazuri (1888, p. 86—87).

Remarcați în acest pasaj ușurința cu care folosește de fapt Hume conceptul de alăturare constantă. Dacă am înlocui *alăturare constantă* cu *alăturare frecventă*, am dobîndi o formulare mai fidelă față de fapte și care nu ar forța prea mult analiza lui Hume. În plus, chiar și un cititor accidental al lui Hume este impresionat de absența totală de exemple serioase în analiza făcută de acesta cauzalității. Prin *serioase* înțeleg exemple care sînt supuse unei analize amănunțite și nu pur și simplu descrise într-o propoziție sau două, ca în pasajul citat mai sus. La Hume nu există nici o analiză dezvoltată a felului în care folosim noi metodele specifice de investigare pen-

tru a descoperi cauze şi nici a problemelor practice pe care le întîlnim atunci cînd încercăm să aplicăm cele trei caracteristici esenţiale ale sale în identificarea cauzelor.

Este o adevărată dezamăgire să constaţi că Hume cere un raport de alăturare constantă cînd ar fi fost foarte în spiritul vederilor sale generale să ceară unul de alăturare frecventă. Dar există multe motive serioase pentru care el a cerut ceea ce a cerut. Se spune uneori că Hume ar fi fost primul gînditor care a dezvoltat pe deplin implicaţiile empirismului şi, făcînd aceasta, l-ar fi transformat în ceea ce este numit citeodată empirism radical; totuşi, este destul de clar că Hume nu era preocupat serios nici de empirismul radical ca filosofie a ştiinţei, nici de legătura dintre ideile sale filosofice generale şi ştiinţa vremii sale.

Sumarele mele remarci cu privire la Hume nu sînt însă întru totul obiective. În partea a III-a a primei cărţi din *Tratat asupra naturii umane*, Hume analizează pe larg probabilitatea; secţiunea XII este de fapt intitulată „Despre probabilitatea cauzelor". În cîte un pasaj ocazional, pe ici, pe colo el analizează alăturarea frecventă mai curînd decît alăturarea constantă, şi spune multe lucruri bine gîndite despre relaţia dintre probabilitate şi cauze . Totuşi, aş insista spunînd că, în principal, critica mea rămîne valabilă; ideea centrală a lui Hume este aceea de alăturare constantă, nu frecventă, şi el nu încearcă niciodată să facă o analiză amănunţită a cauzelor reale în cazuri complexe, aşa cum se făcea în special în domeniile mai sofisticate ale ştiinţei din secolul al XVIII-lea. În plus, realismul analizei sale era viciat de o nestrămutată subordonare faţă de doctrina conform căreia probabilitatea este proporţia dintre posibilităţile favorabile şi cele totale, punct de vedere enunţat şi de Laplace, dar abandonat de îndată ce au fost întreprinse adevărate cercetări.

În capitolul anterior am schiţat o paralelă istorică între refuzul lui Newton, în secolul al XVII-lea, de a admtie acţiunea la distanţă şi

refuzul din secolul al XX-lea de a admite prezența aleatorului în natură, chiar după efectuarea testelor experimentale amănunțite asupra fluctuațiilor statistice în dezintegrarea radioactivă. Ceea ce vreau să subliniez în contextul de față este că dezvoltarea sistematică a teoriei probabilităților în secolul al XVIII-lea a făcut posibilă susținerea tezei că întîmplarea sau aleatorul există realmente în natură, nefiind datorate pur și simplu ignoranței noastre în ceea ce privește adevăratele cauze ale fenomenelor. Viziunea care, din nefericire, a dominat tot secolul al XVIII-lea este exprimată succint de Hume în următorul pasaj din secțiunea *Tratatului* care se ocupă cu probabilitatea cauzelor:

> Ceea ce am spus privitor la probabilitatea întîmplărilor nu poate servi nici unui alt scop decît aceluia de a ne ajuta în explicarea probabilității cauzelor; deoarece este îndeobște admis de către filosofi că ceea ce vulgul numește întîmplare nu este nimic altceva decît o cauză neștiută și ascunsă (p. 130).

Filosofia lui Hume ar fi fost cu mult mai adîncă dacă acest pasaj ar fi fost răsturnat și ar fi spus că vulgul este acela care caută totdeauna cauze neștiute și ascunse, o filosofie sănătoasă fiind cea care recunoaște că în multe cazuri nu se pot găsi nici un fel de cauze determinante veritabile. Dar el nu a fost suficient de serios în aceste chestiuni pentru a ajunge la o poziție atît de radicală, atît de opusă vederilor generale. Această lipsă de seriozitate devine destul de evidentă odată cu marea banalitate a regulilor date de Hume pentru aprecierea cauzelor și efectelor (secțiunea XV, partea a III-a, cartea I), care contrastează puternic cu metodele de analiză originale și pline de forță elaborate de Bayes și Laplace.

Kant. Pornind din alt punct și avînd o mult mai profundă cunoaștere a științei, Kant împărtășea convingerea lui Hume privitor la alăturarea con-

stantă, dar trecea mult dincolo de poziția humeană către o viziune asupra cauzalității ce aspira la restaurarea necesității atît de sever criticate de Hume. În ciuda numeroaselor diferențe dintre Hume și Kant, fiecare dintre ei sprijinea în felul său pe cei care insistau în a susține că fiecare eveniment are o cauză determinantă.

Prezentînd, în *Critica rațiunii pure*, toate principiile sintetice ale intelectului pur, Kant este ferm în următoarea chestiune: este o lege a priori a naturii că nimic nu se întîmplă în virtutea întîmplării oarbe. Aceasta este o consecință a principiului producerii, a doua analogie a experienței. În *Fundamentele metafizice ale științei naturii*, Kant generalizează prima lege newtoniană a mișcării, aducînd-o la forma: fiecare schimbare a materiei are o cauză externă (propoziția 3 din capitolul 3). Nicăieri nu se întîlnește la Kant o analiză amănunțită a exemplelor fizice de cauzalitate; lipsește mai ales o analiză a felului în care trebuie identificate pentru prima oară cauzele din natură. De asemenea, el acceptă bucuros mecanica newtoniană ca fiind relatarea finală asupra naturii Universului.

De Moivre și cauzele ascunse. Ținta unei mari părți din gîndirea preocupată în secolul al XVIII-lea de probabilitate, țintă urmărită de către cei devotați ei, a fost aceea de a răsturna citatul humean, demonstrînd că modul de gîndire al oamenilor simpli a constat întotdeauna în descoperirea cauzelor neștiute și ascunse. Ideea s-ar fi acordat cu filosofia lui Hume, dar nu și cu aceea a lui Kant, și, în termeni filosofici largi, nimic nu demonstrează mai bine lipsa de considerație a lui Kant pentru dezvoltările științifice fundamentale ale secolului al XVIII-lea decît dezinteresul lui aproape total pentru conceptele probabiliste.

De-a lungul secolelor al XVII-lea și al XVIII-lea straturile elitare sau aristocratice ale societății au manifestat un interes acut și larg răspîndit

pentru jocurile de noroc. Dată fiind ignoranța lor generală în materie de știință și nivelul relativ scăzut al dezvoltării teoriei probabilităților, nu este surprinzător că ideile lor despre noroc, întîmplare și cauzele ascunse erau impregnate de superstiții și vederi greșite. Una dintre tezele importante supuse analizei și una dintre cele mai importante forțe care au dus la dezvoltarea teoriei probabilităților a fost încercarea de a înțelege ce este de așteptat să se producă, exclusiv pe baza întîmplării, în jocul de cărți și cu zaruri. Citez din introducerea la lucrarea care, în multe privințe, este cea mai importantă predecesoare a tratatului lui Laplace, anume *Doctrina șanselor* a lui de Moivre (prima ediție a apărut în 1718, iar ediția a treia, din care citez, în 1756, curînd după moartea autorului).

Doctrina șanselor ar putea, de asemenea, ajuta la vindecarea unui Fel de Superstiție care se menține în Lume de multă vreme, anume că în Joc există un lucru numit *Noroc* sau unul numit *Nenoroc*. Recunosc că există mulți oameni cu judecată care, fără nici un alt Ajutor decît acela al propriei lor rațiuni, s-au lămurit că Noțiunea de *Noroc* este doar o Himeră; socot însă că motivele pe care le au ei pentru a o privi astfel pot fi mai mult întărite în virtutea unora din Considerațiile ce urmează.

Dacă spunîndu-se că un Om a avut *Noroc* nu se înțelege decît că el a fost în general un Cîștigător la joc, Exprimarea poate fi admisă ca foarte potrivită, mai ales într-un fel de a vorbi pe scurt; dar dacă Cuvîntul *Noroc* este înțeles ca unul ce se referă la o anumită calitate precumpănitoare, inerentă unui Om, datorită căreia el trebuie să cîștige ori de cîte ori Joacă, sau cel puțin să cîștige mai des decît pierde, se poate nega că ar exista așa ceva în natură.

Susținătorii *Norocului* sînt foarte siguri, în virtutea propriei lor Experiențe, că uneori au fost foarte Norocoși, iar că alteori au avut o

serie de Ghinioane, care, dacă ar fi continuat, i-ar fi obligat să fie foarte precauți în a se lupta cu Norocoșii; dar felul în care Întîmplarea ar putea produce acele Evenimente extraordinare este ceea ce ei nu pot înțelege.

În legătură cu acest pasaj, chestiunea care trebuie să fie clară este că acel concept tradițional de noroc nu este un concept de întîmplare în sens de aleator, ci un concept de cauzare. Omul norocos vizat în conceptul tradițional nu este unul care beneficiază fortuit de aleatorul din natură, ci unul care printr-o influență sau cauză misterioasă este capabil să dirijeze cursul evenimentelor. Cum arată de Moivre, există un concept adecvat de noroc, vizînd pur și simplu situația de a beneficia de aleatorul din natură, dar acesta nu este conceptul comun.

Cîteva paragrafe mai departe, de Moivre pune de asemenea în opoziție întîmplarea și predeterminarea:

> Mai departe, aceleași Argumente care discreditează Noțiunea de Noroc, pot fi, pe de altă parte, folositoare în unele Cazuri în stabilirea cuvenitei comparații între Întîmplare și Predeterminare: ne putem închipui Întîmplarea și Predeterminarea ca fiind într-o Competiție reciprocă pentru producerea anumitor feluri de Evenimente, și putem calcula ce Probabilitate există ca acele Evenimente să se datoreze mai curînd uneia decît celeilalte.

Așa cum indică în special acest ultim pasaj din de Moivre, ar fi fost perfect consistent cu glorioasele dezvoltări din secolul al XVIII-lea ale teoriei probabilităților să se fi atribuit un loc potrivit predeterminării și unul la fel de potrivit întîmplării, trecîndu-se astfel rapid de la cadrul mecanicii clasice la o concepție mai largă despre fenomenele naturale. După cîte cunosc, acest iscusit și semnificativ atac împotriva superstițiilor legate de noroc și predeterminare nu și-a găsit la nimeni aplicarea filosofică potrivită, după cum

importantele cercetări ale lui Laplace asupra utilizării analizei probabilității în scopul identificării cauzelor necunoscute nu au fost generalizate pînă la nivelul unei concepții probabiliste despre cauzalitate, care s-ar fi împăcat atît de bine cu repunerea întîmplării la locul potrivit în schema Universului.

Poate că principalul aspect al acestor dezvoltări din secolul al XVIII-lea este acela că noțiunile laxe și prost definite legate de întîmplare au fost convertite într-un calcul exact, numai cu ajutorul unui astfel de calcul putînd fi efectiv combătute ideile potrivnice ale superstiției sau mentalitățile potrivnice privitoare la noroc. Realitatea a fost că, bineînțeles, primii filosofi au spus lucruri utile și sănătoase despre întîmplare sau noroc, ei nefiind, cu siguranță, antrenați de superstițiile jucătorilor. Ceea ce este însă important de evidențiat prin contrast, constituind un punct critic de cotitură în istoria intelectuală și științifică, este dezvoltarea calculului explicit al șanselor. Pasajele citate din de Moivre sînt o prefață la dezvoltări matematice și cantitative elaborate.

Bayes. Importantul memoriu al lui Bayes, cu relevanță directă pentru analiza cauzelor, a fost publicat în *Philosophical Transactions of The Royal Society* din 1764. Bayes dezvoltă o filosofie generală a cauzării care este considerabil mai subtilă decît cea a lui Hume. În loc de a folosi alăturarea constantă pentru a deduce existența cauzelor și în loc de a da seama de anticipările noastre privind viitorul în termeni de obișnuințe, cum face Hume, Bayes pune la punct o abordare mai întemeiată empiric și mai rafinată. Citez un pasaj important:

> Ceea ce s-a spus pare de ajuns pentru a ne arăta ce concluzii să tragem din experiența *uniformă*. Aceasta demonstrează îndeosebi că, în loc de a se dovedi că evenimentele se vor petrece totdeauna în acord cu ea, vor exista totdeauna temeiuri împotriva acestei concluzii. Cu alte cuvinte, chiar acolo unde cursul evenimentelor

naturii a fost cel mai constant avem temeiuri doar pentru a fi încrezători într-o repetare a evenimentelor care să fie proporțională cu acest grad de constanță; dar nu avem temeiuri pentru a socoti că în natură nu există nici un fel de cauze care să interfereze *vreodată* cu acțiunea cauzelor din care este dedusă această constanță, sau că nu există în lume împrejurări în care constanța să fie întreruptă. Și dacă acesta este adevărul, presupunînd că singurele noastre *date* sînt cele deduse din experiență, vom găsi temeiuri suplimentare pentru a gîndi astfel dacă aplicăm alte principii sau dacă vom fi recurs la considerații de felul celor pe care rațiunea le poate sugera independent de experiență (1764, p. 410—411).

Bayes continuă să discute destul de amănunțit, în fapt de-a lungul unui număr considerabil de pagini, exemplul din sfera loteriei. Există trei chestiuni importante pe care el le scoate în evidență în cadrul procesului analizării acestui exemplu. Întîi, că fără a calcula este foarte greu să judeci corect probabilitatea unui eveniment și, ca atare, calculul probabilităților este esențial nu numai în activitatea teoretică. Al doilea, este adesea imposibil de descoperit probabilitatea exactă a unui eveniment, și trebuie să fim pregătiți să acceptăm anumite limite rezonabile. Aceasta este o chestiune la care revin în capitolul 8. Al treilea, el este foarte explicit în ce privește conceptul de cauză particulară ce acționează în manieră probabilistă. Citez un scurt paragraf asupra acestei chestiuni:

Prin calcule asemănătoare acestora se poate determina în mod universal ce așteptări sînt îndreptățite de fiecare experiment, în conformitate cu numărul de ori în care el a reușit sau eșuat; sau ce trebuie să credem despre probabilitatea ca o cauză anume din natură, cauză cu care sîntem familiarizați, să producă sau nu într-o anumită încercare efectul care o însoțise îndeobște? (p. 417).

Laplace. Aplicații reale ale punctului de vedere care a fost probabil enunțat clar pentru prima dată de Bayes au fost în mod egal făcute și de Laplace, ele constituind, după părerea mea, una dintre cele mai importante contribuții aduse vreodată la istoria încîlcită a teoriei și metodologiei analizei cauzale.

Memoriul lui Laplace din 1774 are o importanță fundamentală deoarece este primul care oferă o metodologie bine definită pentru estimarea probabilităților cauzelor ce au produs un eveniment observat. Chiar în acest memoriu Laplace dă mai multe exemple substanțiale, iar în faimosul său tratat asupra probabilității el revine la aceste chestiuni, dezvoltîndu-și analiza. Tratatul despre probabilitate (1820) fiind mai accesibil, mă voi referi la cîteva dintre exemplele examinate acolo.

O metodă pe care Laplace o scoate în evidență este utilizarea considerațiilor probabiliste amănunțite pentru a deduce dacă datele trebuie sau nu să fie explicate în termenii unei *cauze constante* sau trebuie pur și simplu explicate ca ceva datorat fluctuațiilor aleatoare ori erorilor de măsurare. În introducerea la tratatul său despre probabilități, Laplace susținea că ar fi utilizat această metodă a cauzelor constante pentru a face unele dintre cele mai importante descoperiri astronomice ale sale. Explicațiile sale cu privire la un număr din aceste fenomene pentru care s-a dedus o cauză constantă reprezintă unele dintre cele mai profunde aplicații ale matematicii din întreaga istorie a științei. Exemplele sînt: (a) deducerea de către el a ecuației seculare a Lunii din atracția gravitațională a Soarelui și din variația seculară a excentricității orbitei Pămîntului; (b) explicarea de către el a neregularităților mișcării lui Jupiter și Saturn ca fiind datorate interacțiunii lor reciproce, (c) recunoașterea și explicarea de către el a mișcărilor medii ale primilor trei sateliți ai lui Jupiter și (d) teoria sa bine elaborată despre maree.

Întrucît aceste exemple separate includ considerații complicate, Laplace dă un exemplu metodologic simplu pentru a ilustra metoda cauzelor

constante. Exemplul se referă la fluctuațiile diurne ale unui barometru care măsoară presiunea atmosferică. Să presupunem că se fac observații timp de 400 de zile și în întreagă această perioadă înălțimea indicată de barometru nu variază mai mult de patru milimetri (o supoziție nerealistă, exceptînd așezările foarte apropiate de Ecuator). Observăm fluctuațiile diurne cu înălțime maximă apărînd în jurul orei nouă dimineața și o înălțime minimă apărînd în jurul orei patru după-amiază. Să presupunem, în continuare, că suma înălțimilor la ora nouă dimineața depășește suma înălțimilor la ora patru după-amiază cu 400 de milimetri. Vrem să estimăm probabilitatea ca această depășire să fie datorată unei cauze constante. Prin calcule detaliate, în care nu voi intra, Laplace arată că probabilitatea existenței unei asemenea cauze constante este extrem de apropiată de unu. Cu alte cuvinte, nu putem atribui pur și simplu variația diurnă unor fluctuații aleatoare sau unor erori de măsurare.

O posibilă replică la încercarea mea de a separa gîndirea probabilistă a lui Laplace, pe de o parte, de punctul de vedere determinist al lui Hume și Kant, pe de alta, este aceea că, în ideile sale filosofice de bază, Laplace a fost în concepția sa finală asupra cauzelor un determinist la fel de convins ca și Hume sau Kant. Laplace este extrem de clar atunci cînd enunță ideea că pentru el probabilitatea provine din ignorarea adevăratelor cauze ale fenomenelor și în această lumină probabilitatea este mai curînd un concept epistemologic care exprimă ignoranța noastră în privința proceselor naturale decît ceva ce există în natură. Astfel, s-ar putea afirma că Laplace și Kant, bunăoară, pot fi lesne așezați alături în virtutea punctului lor de vedere fundamental conform căruia fiecare eveniment are o cauză determinantă. Dealtminteri, baza pe care ei adoptă acest punct de vedere este aceeași. Kant este impresionat mai presus de toate de edificiul magnific al mecanicii clasice, iar Laplace a avut cel mai mare aport la acest edificiu după Newton.

Cu toate acestea, nu voi descuraja în încercarea mea de a separa din punct de vedere conceptual importantele idei dezvoltate de Bayes şi Laplace de ideile filosofice generale ale lui Hume şi Kant privind alăturarea constantă sau necesitatea. Există, mi se pare, o întîrziere istorică tipică în desfăşurarea traficului intelectual în ambele direcţii. Iată la ce mă gîndesc. Laplace este antrenat de idei filosofice care au, în cadrul mecanicii clasice, un caracter firesc, dar care nu reflectă schimbările profunde de punct de vedere provenite din dezvoltările fundamentale ale teoriei probabilităţilor, în secolul al XVIII-lea. Kant, pe de altă parte, nu are, pot spune, conştiinţa profundă a acestor dezvoltări matematice şi gîndeşte ştiinţa ca fiind oglindită în primul rînd de mecanica clasică şi nu de dezvoltarea conceptelor probabiliste, care constituie o contribuţie a secolului al XVIII-lea tot atît de originală ca şi dezvoltarea fizicii clasice.

Dacă cineva întreabă care filosofi ai secolului al XVIII-lea, sau chiar care filosofi moderni din secolele al XVII-lea—XIX-lea, au avut cea mai mare influenţă asupra gîndirii noastre referitoare la cauzalitate, aproape oricine va răspunde imediat că lui Hume sau lui Kant trebuie să li se dea întîietate. Fără a nega importanţa lor ca filosofi, afirm că această istorie standard este în mare măsură denaturată. Există puternice temeiuri pentru a revendica în favoarea lui Laplace întîietatea, cel puţin din punctul de vedere al dezvoltării unei metodologii efective de investigare şi identificare a cauzelor. Cum se întîmplă adesea în filosofie, ceea ce se realizează în aceeaşi perioadă în ştiinţa cea mai nouă şi mai avansată nu este absorbit în filosofia epocii şi nici nu prilejuieşte un dialog propriu-zis. Acesta este, cu siguranţă, adevărul în ce priveşte ultima parte a secolului al XVIII-lea. Hume nu spune nimic despre conceptele detaliate ale probabilităţii; bunăoară, nu există menţiuni despre opera lui de Moivre, în ciuda importanţei lucrării acestuia *Doctrina şanselor* . Kant nu oferă nici un indiciu de familiarizare cu importantele memorii scrise în perioada

mediat anterioară publicării primei ediții a *Criticii rațiunii pure*. Nu am examinat în amănunt datele existente, dar mă îndoiesc că Immanuel Kant a avut cunoștință de memoriul lui Laplace din 1774. Încă o dată, avem dovada faptului că o ruptură de comunicare între filosofie și știință poate avea urmări nefericite, în cazul de față pentru teoria cauzalității.

Definiții sistematice

Am stăruit asupra acestor chestiuni de ordin istoric, refăcînd în decursul analizei tot drumul înapoi pînă la Aristotel, în încercarea de a evidenția adîncimea istorică a angajării filosofice față de o viziune deterministă despre cauzalitate care nu lasă aleatorului nici un loc în natură, și de a evidenția faptul că în structura ei conceptuală de bază această viziune este implicit inconsistentă cu aleatorul în natură. Am încercat, de asemenea, să arăt că, într-o perioadă atît de timpurie cum era cea a secolului al XVIII-lea, dezvoltări matematice și științifice importante au făcut posibilă avansarea unui punct de vedere filosofic realmente diferit. Acest punct de vedere atribuia un loc potrivit cauzalității și un loc potrivit aleatorului; într-adevăr, el nu pretindea că fiecare eveniment trebuie să aibă o cauză pe deplin determinantă.

Deși odată cu Kant am încheiat analiza istorică, ea ar putea fi continuată de-a lungul secolului al XIX-lea pînă în vremea noastră. Destul de mulți filosofi continuă să nu accepte tezele unei teorii a cauzalității care rezervă un loc adecvat și ireductibil aleatorului în natură. Argumentele generale nu pot fi convingătoare decît într-o anumită măsură. Pentru acest motiv, voi trece acum la aspecte mai sistematice ale teoriei probabiliste a cauzalității și voi arăta, atît pe baza conceptelor sistematice cît și pe baza exemplelor specifice, cît este de firesc și de util un atare punct de vedere asupra cauzalității și cît de bine corespunde el cu experiența obișnuită. Dezvoltă-

rile complete ale teoriei cer luarea în considerare a unui vast corp de concepte și tehnici din teoria modernă a probabilităților și statistica matematică. Voi încerca să trasez un itinerar elementar în interiorul acestui corp, dar pentru utilizarea științifică reală a teoriei ceea ce voi spune trebuie extins în modalități tehnice specifice. De asemenea, pentru a nu complica lucrurile, voi examina, în regresie față de Laplace, mai curînd fenomene calitative decît cantitative, cu scopul de a face dezvoltările conceptuale mai puțin tehnice. În acest context voi defini trei noțiuni: cauză *prima facie*, cauză falsă și cauză autentică. Amănuntele tehnice sînt puse la punct într-o monografie anterioară (Suppes, 1970 b) și nu vor fi reluate.

Definiția 1. *Un eveniment* B *este cauza prima facie a unui eveniment* A *dacă și numai dacă* (i) B *survine mai devreme decît* A, (ii) *probabilitatea condiționată a apariției lui* A *atunci cînd* B *a apărut este mai mare decît probabilitatea necondiționată a apariției lui* A.

Iată un exemplu simplu de aplicare a definiției 1 la studiul eficacității vaccinării antiholerice (Greenwood și Yule, 1915 , citați în Kendall și Stuart, 1961). Discut acest exemplu și în monografia mea din 1970. Datele culese din cele 818 cazuri studiate sînt redate în tabelul 1.

Tabelul 1. *Cazurile de holeră la populații vaccinate și nevaccinate*

	Neafectați	Afectați	Total
Vaccinați	276	3	279
Nevaccinați	473	66	539
Total	749	69	818

Aceste date arată clar eficacitatea *prima facie* a vaccinării, căci probabilitatea medie de a nu fi afectat este de $749/818 = 0{,}916$, în timp ce probabilitatea condiționată de a nu fi afectat cînd

individul a fost vaccinat este de 276/279 = 0,989. Aici *A* este evenimentul de a nu fi afectat de boală, iar *B* evenimentul de a fi vaccinat. Acest tip de exemplu medical este, după părerea mea, o paradigmă de inferență cauzală calitativă plină de importanță și semnificație.

În multe sfere ale investigației științifice active datele probabiliste nu sînt atît de limpezi, deși pot fi semnificative din punct de vedere științific și statistic. Am ales, pentru a ilustra ideea, un exemplu privitor la aportul de vitamină A și cancerul pulmonar. Rezultatele sînt preluate din Bjelke (1975). Eșantionul de norvegieni de sex masculin cu vîrsta între 45 și 75 de ani a fost extras din populația obișnuită a Norvegiei, dar el includea o categorie anume de bărbați, cu rude care emigraseră în S.U.A. În 1964 subiecții au relatat care sînt obiceiurile lor legate de fumatul țigărilor. Peste 90% din cei care mai trăiau în 1967 au completat un chestionar referitor la dietă, chestionar suficient de amănunțit pentru o estimare a aportului de vitamină A primit. La 1 ianuarie 1968 din eșantionul original mai trăiau 8 278 de subiecți. Datele înregistrate de la ei au fost confruntate prin intermediul calculatorului cu datele furnizate de Registratura norvegiană a cancerului, așa cum apăreau ele la 1 martie 1973.

Membrii eșantionului au fost clasați în două grupe, după indicele aportului de vitamină A dedus din chestionarul referitor la dietă, astfel că 2 642 apăreau cu un aport scăzut, iar 5 636 cu un aport ridicat — neglijez în acest rezumat multe detalii referitoare la indicele respectiv. După datele de la 1 martie 1973, pentru întregul eșantion existau 19 cazuri de carcinom depistate, lăsînd la o parte adenocarcinomul pe care-l neglijăm pentru motive prea detaliate pentru a fi abordate aici. Din cele 19 cazuri depistate, 14, adică 74%, apăreau în interiorul unei porțiuni ce reprezenta doar 32% din eșantion — cei 2 642 de subiecți cu aport scăzut de vitamină A. Numai 5 cazuri, adică 26%, apăreau printre cei 68% din subiecții eșantionului care primiseră un aport

ridicat de vitamină A. Fie C evenimentul de a avea carcinom pulmonar și L aportul scăzut de vitamină A. Atunci, pentru eșantionul în cauză

$$P(C) = 0{,}0023 < P(CL) = 0{,}0053.$$

Folosind definiția 1, deducem că aportul scăzut de vitamină A este o cauză *prima facie* a cancerului pulmonar. Probabilitățile în cauză sînt mici, dar rezultatele sugerează continuarea investigațiilor științifice asupra ideii că aportul ridicat de vitamină A ar putea fi de folos în prevenirea cancerului pulmonar.

Actualmente este larg acceptată ideea că fumatul de țigarete cauzează cancer pulmonar, dar, așa cum arătă datele de față, incidența cancerului pulmonar în întreaga populație este atît de mică încît este o enigmă medicală esențială de ce atît de puțini fumători fac cancer pulmonar. Acest studiu este gîndit ca o contribuție la dezlegarea enigmei. Studiul, cum s-a indicat deja, privea obiceiul fumatului de țigarete ce caracteriza eșantionul. Remarcile mele asupra acestei părți din totalitatea datelor vor urma mai jos, în analiza cauzelor false.

O trăsătură importantă a acestui studiu este aceea că rezultatele sînt destul de fragile pentru a îndreptăți efectuarea multor altor investigații înainte de a se trage o concluzie practică — cum ar fi sfatul de a consuma mulți morcovi adresat fumătorilor înrăiți. După părerea mea, poate că majoritatea studiilor științifice privind legătura cauzală au un asemenea caracter „de probă". În principal, numai știința care s-a îndepărtat de frontiere, mult elaborată și superior selectată, este cea care are rezultate clare și decisive.

Cauze false. Un argument obișnuit al acelora care se opun analizei probabiliste a cauzalității constă în a susține că nu este posibil să se distingă cauzele *prima facie* autentice de cele false. Această părere este greșită. Întrucît, în sensul în care folosesc eu cuvintele, falsitatea și autenticitatea sînt

diametral opuse, va fi suficientă definirea cauzelor false pentru ca apoi cauzele autentice să fie caracterizate drept cauze *prima facie* care nu sînt false.

În scopul definirii cauzelor false, voi introduce conceptul de partiție la un moment dat a cîmpului posibil de evenimente. O partiție este pur și simplu o colecție de evenimente incompatibile și exhaustive. În cazul în care avem o mostră clară de cîmp de evenimente, partiția este o colecție de mulțimi nevide, disjuncte două cîte două, a căror reuniune acoperă întregul cîmp. Ideea intuitivă este că o cauză *prima facie* este falsă dacă există o partiție anterioară de evenimente astfel încît, orice eveniment al partiției ar apărea, apariția comună a lui B și a elementului partiției va da aceeași probabilitate condiționată a evenimentului A ca și simpla apariție a elementului partiției singur. Repetînd această idee într-un limbaj diferit, vom avea:

Definiția 2. *Un eveniment* B *este o falsă cauză a lui* A *dacă și numai dacă* B *este cauză prima facie a lui A și există o partiție de evenimente anterioare lui* B *astfel încît probabilitatea condiționată a lui* A, *fiind dat* B *și oricare element al partiției, să fie aceeași ca și probabilitatea condiționată a lui* A, *fiind dat doar elementul partiției.*

Istoria neghiobiei omenești este saturată de credințe în cauze false. Una dintre cele mai durabile este credința în astrologie. Cele mai bune pledoarii vechi în favoarea astrologiei încep cu motivări empirice întemeiate, dar ajung curînd să se piardă printre extrapolări neîndreptățite care, la o investigație ceva mai aprofundată, ar furniza excelente exemple de cauze false. Tratatul astrologic al lui Ptolemeu, *Tetrabiblos*, începe cu o analiză bine gîndită a felului în care anotimpurile, clima și mareele sînt influențate de mișcările Soarelui și Lunii. El trece însă repede apoi la examinarea posibilității de a determina temperamentul și soarta individului, începînd să dea niște explicații fanteziste

caracteristicilor culturale ale unor întregi naţiuni, pe baza relaţiei lor cu stelele. Să luăm bunăoară acest pasaj:

> Dintre aceste ţări, Britania, Galia (Transalpină), Germania şi Bastarnia sînt într-o mai strînsă legătură cu Berbecul şi cu Marte. De aceea, cei mai mulţi din locuitorii lor sînt aprigi, mai încăpăţînaţi şi mai brutali, pe cînd Italia, Apulia, Galia (Cisalpină) şi Sicilia sînt în legătură cu Leul şi cu Soarele; de aceea, aceste popoare sînt mai sigure de ele, mai mărinimoase şi mai cooperante (63, ediţia Loeb).

Ptolemeu nu este un exemplu izolat. Merită să reamintim că Kepler a fost astrolog de curte la Praga, iar Newton a scris mai mult despre teologie decît despre fizică. În perspectivă istorică, închipuirile lor legate de cauze false sînt destul de uşor de perceput. Altfel stau însă lucrurile atunci cînd ne întrebăm care va fi în viitor atitudinea faţă de asemenea credinţe curente în vremea noastră. În orice caz, nu putem trece de la cauzele autentice şi de la eliminarea cauzelor false la examinarea cauzelor ultime. Credinţa că aşa ceva s-ar putea face este un alt aspect teologic care a fost greu de eliminat şi care îşi păstrează locul ca un fel de palid substitut al credinţei în acţiunea omniscientă a lui Dumnezeu.

În studiul descris anterior despre relaţia dintre nivelul aportului de vitamină A şi apariţia cancerului pulmonar s-a constatat existenţa obişnuitelor corelaţii pozitive între numărul ţigărilor fumate şi apariţia cancerului pulmonar. Mai aproape de obiectul discuţiei de faţă este constatarea făcută privitor la existenţa unei corelaţii negative între aportul de vitamină A şi cancerul pulmonar la fiecare nivel de intensitate a fumatului (în cadrul analizei s-au folosit delimitări între patru asemenea nivele). Această arată că funcţia cauzală a vitaminei A, aceea de inhibitor al cancerului pulmonar, este autentică relativ la cadrul acestei

investigații. Divizarea eșantionului în patru nivele de intensitate a fumatului nu a falsificat efectul vitaminei A.

Tipuri de probabilități. Sensul probabilității utilizat în caracterizarea cauzelor nu trebuie să fie neapărat univoc. Cum am arătat anterior (Suppes, 1970 b), există cel puțin trei sensuri în care poate fi utilizată probabilitatea atunci cînd se face o afirmație de probabilitate. Unul dintre ele este sensul de probabilitate teoretică, prezent, bunăoară, atunci cînd se analizează caracterul formal al unei teorii exprimate ca o clasă de procese stocastice. Al doilea este prezent atunci cînd sînt analizate datele obținute dintr-un anumit experiment, fiind examinate frecvențele relative limitate eventual împreună cu probabilități inițiale puternic relevante pentru experiment. Al treilea este sensul cel mai general al exprimării credințelor. Fiecare din cele trei cazuri își are locul lui adecvat în enunțarea tezelor cauzale. (Pentru o analiză mai amănunțită a înțelesului enunțurilor de probabilitate, vezi finalul capitolului 4.)

Concepții moderne alternative. Examinarea acestui exemplu este o bună ocazie pentru a lua în considerare anumite concepții alternative importante despre relațiile cauzale simple. O concepție alternativă standard este concepția bazată pe legi asupra cauzalității, care relativ la evenimentele A și B identificate mai sus afirmă următoarele: fie A reprezentat de propoziția P și B de propoziția Q; A este cauzat de B dacă și numai dacă există un set de legi științifice și un set de fapte particulare astfel încît conjuncția acestor două seturi împreună cu Q implică P. În plus, în mod obișnuit se mai cere ca legile să fie necesare implicației. Se poate da acestei concepții bazate pe legi asupra cauzalității o enunțare formală mai elaborată, dar ea nu este esențială aici.

În tipul de aplicație pe care tocmai l-am citat este clar că nu există legi științifice adecvate din care să se poată deriva eficacitatea vaccinării.

În asemenea experimente medicale un empirism relativ superficial trebuie să înlocuiască abordarea teoretică mai profundă; dar în împrejurări obișnuite nimeni n-ar pune la îndoială eficacitatea cauzală a vaccinării dacă există date de felul celor prezentate sau, cel puțin, dacă sînt adunate date similare de și mai mare însemnătate. În concepția mea, credința că o concepție bazată pe legi asupra cauzalității ar fi cea dominantă în științele empirice sau în experiența obișnuită este o simplă fantezie a filosofilor. Numărul legilor bine stabilite nu este atît de mare, iar rețeaua conexiunilor logice nu este atît de densă.

O a doua concepție foarte populară printre filosofi este inspirată de analiza contrafactuală a cauzalității. Un bun exemplu în acest sens poate fi găsit într-un articol de David Lewis (1973). Analizei contrafactuale a lui Lewis și analizelor similare propuse de alții li se pot aduce multe critici conceptuale și tehnice, dar în contextul de față există o obiecție pe care eu o consider zdrobitoare. Analiza lui Lewis utilizează conceptul de similaritate comparativă între lumile posibile. El spune că o lume este mai aproape de realitate decît alta dacă seamănă cu lumea noastră reală mai mult decît cealaltă. Un contrafactual este deci netrivial adevărat dacă situația în care antecedentul și consecventul sînt împreună adevărate se îndepărtează mai puțin de realitate (în sensul relației de similaritate) decît situația în care antecedentul este adevărat, dar nu și consecventul. Meritul analizei lui Lewis este că explicitează conceptul nedefinit și nedeterminat de similaritate a lumilor posibile. Dar mi se pare evident că se spune prea puțin despre această relație pentru ca din ea să se poată da o explicație a felului în care utilizăm noi concepte cauzale atît în științele empirice cît și în experiența obișnuită. Nu că ideea propusă de Lewis ar fi artificială: pur și simplu, ideea de bază este prea puțin dezvoltată pentru a fi convingătoare ca explicație a conceptului.

Nu pot accentua îndeajuns diferența dintre o analiză contrafactuală și una probabilistă a cauza-

lității. Analiza probabilistă are o metodologie larg dezvoltată și se aplică pe scară mare în știința actuală. În contrast cu ea, analiza contrafactuală nu are o metodologie dezvoltată și, din motive întemeiate, nu este folosită în practică. Există, bineînțeles, similarități conceptuale între cele două abordări. Spre exemplu, se poate defini o relație de similaritate între lumi posibile utilizînd măsura probabilității setului de rezultate posibile și se poate, de asemenea, folosi această măsură pentru a vorbi despre similaritate între evenimente mai curînd decît între lumi. Nu voi încerca să dezvolt aceste considerații, ci mai curînd, să subliniez aplicabilitatea firească și practică a conceptului probabilist de cauzalitate.

Există o importantă diversitate de alte relații cauzale specifice științelor fizice, care nu intră în conflict cu definiția probabilistă dată dar o depășesc în modalități foarte semnificative, prin postularea unei structuri cauzale adiționale. Mă gîndesc la toate acele concepte din fizică și chimie pe care în mod obișnuit le considerăm cauzale. Poate că exemplul ideal îl constituie conceptul de forță din mecanică. În mod sigur, este absolut firesc ca, extinzînd experiența comună și limbajul comun, să concepem totdeauna forțele din fizică drept cauzale, și, în ciuda retoricii puse de unii filosofi și fizicieni în slujba scopului de a demonstra contrariul, eu cred că lucrurile vor continua să rămînă în foarte mare măsură ca mai înainte: forțele sînt tipuri speciale de cauze. Într-adevăr, din punctul de vedere al fizicii forțele sînt cauzele inițiale ale oricărui fenomen. Gîndirea noastră intuitivă privitoare la forțe mi se pare clară și neechivocă. Pe de altă parte, modul în care transferul impulsului sau al energiei sînt concepute drept fenomene cu caracter cauzal este mai complicat și mai subtil, mai puțin concordant cu gîndirea despre lume. Există în chimie o sumedenie de procese adiționale pe care le considerăm fenomene cu caracter cauzal — oxidarea, de exemplu. Pentru a da seama de asemenea cazuri, o teorie pe deplin dezvoltată a cauzalității ar trebui să

ofere o analiză amănunțită și totodată să fie pregătită pentru multitudinea de concepte cauzale ce apar în diferite științe. Nu există motive semnificative pentru a încerca să le reducem la un număr mai mic oarecare. Esențial pentru tipul de structură cauzală probabilistă prezentat este faptul că are un considerabil grad de generalitate. El furnizează un cadru pentru analiza multor tipuri diferite de cauze, și în special pentru acelea pentru care nu avem o teorie științifică bine dezvoltată.

Experiența comună. Unii vor spune că o concepție probabilistă despre cauzalitate contravine utilizării conceptelor cauzale în limbajul comun în scopul reflectării experienței comune. Nu este locul pentru a susține o teză asupra acestui subiect, dar eu nu accept acest mod de a vedea lucrurile. Contextul deschis al celor mai multe enunțuri privitoare la experiența comună face din cadrul probabilist unul adecvat pentru tezele cauzale. Într-o scriere anterioară (Suppes, 1970 b), am încercat să pledez în mod amănunțit în acest sens. Acum adopt o perspectivă mai pluralistă asupra numeroaselor tipuri diferite de structuri cauzale întîlnite chiar și în experiența comună și în analiza pe care i-o facem noi.

S-au purtat multe discuții privind rolul cauzal al motivelor și măsura în care un motiv poate fi cauza unei acțiuni. Furnizarea unui motiv drept cauză a unei acțiuni se încadrează bine în analiza probabilistă. Dacă întreb pe cineva „Ce ai de gînd să faci azi?", iar el răspunde „Mă duc la San Francisco", și eu întreb „De ce?", un răspuns potrivit din partea sa ar putea fi „Pentru că vreau să cumpăr o masă de marmură la magazinul Cellini". În termenii analizei făcute anterior (definiția 1) cauzelor *prima facie*, motivul indicat verbal poate fi luat ca eveniment ce mărește probabilitatea plecării lui la San Francisco, chiar dacă evenimentul nu este o cauză autentică. Pe de altă parte, ar fi aberant să se accepte faptul plecării la San Francisco drept certitudine; tot

felul de lucruri ar putea interveni, de la un accident la o chemare telefonică de urgență sau la o solicitare prioritară din partea unui coleg. Aș sublinia din nou: caracterul deschis al majorității enunțurilor cauzale despre experiența comună face din cadrul probabilist unul foarte firesc.

Intuiții opuse

Conceptul de cauzalitate are atît de multe tipuri diferite de aplicații, fiind totodată o componentă universală a aparatului pe care îl folosim pentru a analiza atît experiența comună cît și cea științifică, încît nu este surprinzător faptul că există o diversitate de intuiții opuse cu privire la natura lui. Voi examina în restul capitolului 5 exemple de asemenea opoziții, lista nefiind însă nicidecum atotcuprinzătoare. Ar fi ușor de produs încă o duzină de exemple numai prin parcurgerea literaturii din ultimii zece ani.

Paradoxul lui Simpson. Simpson (1951) a arătat că relațiile probabiliste de tipul exemplificat prin definiția 1 pentru cauze *prima facie* pot fi inversate dacă este luată în considerare o analiză mai fină a datelor. Din punctul de vedere al cadrului adoptat în acest capitol, aceasta este chiar procedura necesară pentru a arăta că o cauză *prima facie* este o cauză falsă, cel puțin în cazurile în care ordinea temporală se conformează definițiilor date. În analiza făcută de Simpson acestor chestiuni și în literatura înrudită nu s-a acordat atenție în mod explicit ordinii temporale, și de aceea o voi ignora și eu în comentariile mele asupra „paradoxului". Există un exemplu, clar din punct de vedere intuitiv și mult discutat, în legătură cu favorizarea sexului masculin la admiterea în învățămîntul superior la Berkeley (Bickel, Hammel și O'Connell, 1975). Cînd au fost examinate datele din întreaga universitate, părea să existe o puternică evidență empirică în favoarea faptului că a fi bărbat este

o cauză *prima facie* a admiterii în învățămîntul superior. Cu alte cuvinte, exista o înclinație pozitivă spre admiterea bărbaților și una negativă spre admiterea femeilor. Pe de altă parte, cînd au fost examinate datele din fiecare facultate s-a dovedit că majoritatea facultăților nu manifestau asemenea înclinații și, de fapt, aveau o foarte slabă preferință pentru femei. Contradicția dintre date provenea din numărul mare de candidate la secții care aveau un număr mare de respinși, independent de sex. Așa cum apare clar din acest exemplu, nu există un paradox autentic în problema pusă de Simpson. Nu există nimic inconsistent, de fapt nici măcar ceva apropiat de inconsistență, în rezultatele descrise, care sînt caracteristice fenomenelor.

Cartwright (1979) propune ca problema lui Simpson să fie înfruntată prin impunerea de condiții suplimentare conceptului de eveniment care este cauza altuia. În particular, ea dorește să se ceară ca acea creștere a probabilității care este caracteristică cauzelor *prima facie* definite mai sus să fie luată în considerare numai în situațiile care sînt „în alte privințe cauzal omogene cu privire la efect." Sînt sceptic în legătură cu posibilitatea de a afla cînd situațiile sînt cauzal omogene. În tipul de exemplu examinat anterior, privitor la aportul mare de vitamină A ca potențial inhibitor al cancerului pulmonar, este în mod cert imposibil de cunoscut ori măcar de luat în considerare situațiile cauzal omogene, nici măcar cele experimentale. Sînt, de asemenea, sceptic în legătură cu ideea că am avea, la nivel conceptual sau filosofic, o noțiune bine definită de omogenitate. Căutarea omogenității pare ceva la fel de donquijotesc și de eronat din punct de vedere metafizic ca și căutarea cauzelor ultime. Să luăm în considerare, de exemplu, datele de la Berkeley descrise mai sus. Nu există motive care să ne pună în imposibilitate de a urmări și ipoteze suplimentare. Am putea dori să vedem datele parțiale din fiecare facultate cînd ele se limitează tocmai la cazuri limită. Am putea testa ipoteza că toate

candidatele au fost mai capabile decît candidații dar că în cazurile de graniță a existat o înclinație împotriva candidatelor. După cîte cunosc, o asemenea analiză mai fină a datelor nu s-a efectuat, dar din punct de vedere conceptual nu există nici un temei în virtutea căruia să nu putem afla ceva tratînd asemenea chestiuni suplimentare. Ceea ce vreau să arăt este că în sens practic analiza datelor nu are un sfîrșit. Desigur, teoretic putem epuiza un ansamblu finit de date examinînd toate combinațiile posibile, dar aceasta are doar o semnificație matematică.

O opoziție între intuiții poate lua naștere în legătură cu momentul în care ar trebui întreruptă rafinarea analizei datelor. Din punct de vedere practic, multe situații profesionale cer reguli amănunțite cu privire la aceste chestiuni. Exemplul cel mai evident îl oferă stabilirea claselor pentru tabelele statistice. Care trebuie să fie în politicile de asigurare variabilele relevante pentru fixarea taxelor? Am în vedere aici nu numai asigurarea pe viață, ci și asigurarea automobilelor, proprietății etc. Sesizez o opoziție la nivelul cel mai adînc între cei care cred că există un ultim punct de oprire ce poate fi determinat prin analiză și cei care nu cred acest lucru. Unde mă situez eu în această chestiune reiese destul de clar din ceea ce am spus deja.

Există un alt aspect ce trebuie menționat în legătură cu problema lui Simpson: acela că, dacă putem privi datele după colectarea lor și dacă probabilitățile în cauză nu sînt nici egale cu zero, nici egale cu unu, atunci este ușor să se definească artificial evenimente care fac din orice cauză *prima facie* o cauză falsă. Bineînțeles că în metodologia statistică obișnuită construirea unui asemenea eveniment după ce au fost văzute datele ar fi considerată un adevărat scandal, dar din punct de vedere științific lucrurile nu sînt așa de simple. Desigur, a-ți îndrepta privirea spre date care nu se conformează ipotezelor dorite sau teoriilor favorite este una dintre cele mai bune căi de a dobîndi idei privitoare la noi ipoteze sau

la noi teorii. Dar fără investigații ulterioare noi nu luăm în serios construcția artificială de concepte *ex post facto*. Pentru a determina dacă ipotezele în cauză sînt de un real interes, ceea ce se cere este un alt experiment sau un alt set de date. Există însă un alt element care trebuie semnalat în legătură cu asemenea concepte artificiale construite exclusiv prin considerarea datelor și calcularea rezultatelor: este vorba de faptul că trebuie să excludem cumva asemenea concepte pentru a evita nedoritul rezultat al transformării fiecărei cauze *prima facie* într-una falsă, cel puțin cît privește fiecare cauză *prima facie* care a făcut obiectul unei ipoteze firești. O cale de a realiza acest lucru este aceea a caracterizării noțiunii de cauză autentică relativ la un set dat de concepte ce pot fi folosite în definirea evenimentelor considerate drept cauze. O astfel de amendare și limitare explicită a definiției date mai sus cauzelor autentice pare să fie potrivită [3].

Determinism macroscopic. Chiar dacă se acceptă argumentul general că aleatorul există în natură la nivel microscopic, continuă să se mențină o linie de gîndire conform căreia în analiza cauzalității specifice experienței comune este util, și de fapt în unele cazuri aproape obligatoriu, să fie adoptată viziunea deterministă. Am încercat în capitolul 2 să menționez numeroase exemple din experiența comună care pledează împotriva acestui punct de vedere, dar este util să fie examinate încă o dată, în contextul unor investigații specific cauzale, argumentele avansate în favoarea unui asemenea determinism. Nu voi încerca să rezum aici întreaga literatură existentă, ci mă voi con-

[3] Așa cum arată Cartwright (1979), este o eroare de ordin istoric să i se atribuie lui Simpson „paradoxul lui Simpson". Problema în cauză fusese deja discutată în binecunoscutul manual al lui Cohen și Nagel (1934), iar conform celor spuse de Cartwright, Nagel crede că ar fi aflat despre problemă din manualul clasic al lui Yule apărut în 1911. Există, de asemenea, substanțiale discuții recente asupra paradoxului în literatura psihologică (Hintzman, 1980; Martin, 1981).

centra asupra argumentelor avansate în Hesslow (1976 și 1981), care încearcă să dea o argumentație de profunzime împotriva cauzalității probabiliste, și nu doar împotriva versiunii mele particulare despre ea. (În plus față de articolele lui Hesslow, cititorului i se recomandă și Rosen, 1978, iar pentru o deosebit de meticuloasă critică a cauzalității deterministe Rosen 1982/3.)

Ca formulare a determinismului aptă să evite caracterul global al formulării lui Laplace, atît Hesslow cît și Rosen citează principiul diferenței relevante al lui Anscombe (1975, p. 63): „Dacă un efect apare într-un caz anume, iar într-un caz aparent similar nu apare nici un efect similar primului, trebuie să existe o altă diferență relevantă". Deși tehnicile probabiliste sau statistice sînt folosite în testarea ipotezelor din științele biologice și sociale, Hesslow pretinde că „nu există nimic care să arate că aceste ipoteze sînt ele însele probabiliste în natura lor. De fapt, se poate argumenta că adevărată este propoziția contrară, căci statistica este utilizată îndeobște într-un mod care presupune determinismul, adică, în diferite tipuri de argumente eliminatorii".

Intuițiile lui Hesslow sînt aici foarte diferite de ale mele, existînd prin urmare un conflict fundamental, care poate fi rezolvat cel mai bine trecînd pe larg în revistă literatura biologică, medicală și de științe sociale. Nu voi încerca acest lucru aici, ci voi enunța doar ceea ce cred eu că este greșit într-unul dintre exemplele ideale ale lui Hesslow. El spune că aceste tipuri de argumente eliminatorii au, toate, o structură simplă. Hesslow ia în considerare cazul lui Jones, care avusese o boală mortală dar căruia i s-a administrat un medicament recent descoperit și s-a refăcut. Tragem concluzia, spune autorul, că *M*, evenimentul administrării medicamentului a fost cauza vindecării. Numai că el spusese la început că Jones a avut • „boală totdeauna mortală". Primul lucru care trebuie pus în discuție este utilizarea adverbului „totdeauna". El se aplică rareori bolilor care ne interesează. Aproape nici o boală

care face obiectul analizei și studiul medicilor nu este totdeauna mortală. Este un fapt familiar că, odată ce s-a administrat un medicament, ne place să atribuim cu certitudine vindecarea efectelor medicamentului. Dar de obicei evidența empirică nu este concluzivă, deoarece aproape în toate cazurile de îmbolnăvire există exemple de vindecare a unor persoane care nu au fost tratate cu medicamentul respectiv. Acest lucru este valabil pentru toate tipurile de boli, de la ciumă la pneumonie. Afirmînd acest lucru, nu susțin, desigur, că medicamentul ar fi fost lipsit de eficacitate, ci numai că teza lui Hesslow este mult prea simplă. Datele reale nu sprijină spusele sale.

Teza lui Hesslow, conform căreia cazul de față ar fi un caz de determinism, uimește prin aceea că, în propria formulare a argumentului, el spune: „Astfel, (probabil) *M* a cauzat pe *R*", *R* fiind evenimentul vindecării. El însuși introduce deci explicit o precauție probabilistă. Ceea ce spune este că „întrucît ceva a cauzat vindecarea, alte cauze fiind în aparență absente, *M* este cel mai plauzibil candidat". Determinismul se manifestă prin utilizarea lui „ceva", dar concluzia trasă de el are caracter probabilist, putînd fi trasă la fel de bine dacă s-ar fi plecat de la viziunea conform căreia în cele mai multe cazuri vindecarea este cauzată de un agent identificabil, dar în restul cazurilor vindecarea a fost spontană. În plus, eu aș susține teza că nu există nici un argument puternic în favoarea tipului de determinism pe care încearcă să-l avanseze Hesslow. S-ar putea căuta în literatura medicală de la un capăt la altul și pur și simplu să nu se găsească tipul de necesități cărora le răspund premisele de care vorbește el.

O chestiune trebuie să fie clară în legătură cu acest subiect. Deoarece determinismul nu este susținut ca mod de viață necesar pentru specialiștii în biologie și științele sociale, prima identificare a unei cauze probabiliste nu înseamnă sfîrșitul investigației științifice a unui fenomen dat.

A determina momentul în care nu se mai pot identifica alte cauze este o chestiune delicată și dificilă. Nu ofer aici nici un fel de algoritm pentru a determina acest moment. Susțin doar, cu putere, teza că în practică noi ne descurcăm cu rezultate probabiliste fără a rotunji aceste rezultate într-o manieră deterministă interesantă.

Tipuri generale și instanțe particulare. Există multe intuiții opuse privitor la problema dacă relația cauzală ar trebui în principal discutată în termeni de tipuri generale de evenimente sau în termeni de instanțe particulare ale evenimentelor, precum și privitor la felul în care sînt corelate cele două nivele. Mă limitez aici la două subiecte de dispută, ambele fundamentale. Prima: dacă orice caz individual de cauzare trebuie neapărat să fie subsumabil unor legi generale. A doua: dacă putem deduce ceva privitor la cauze individuale din legi generale care au doar un caracter probabilist.

O bună trecere în revistă a primei chestiuni, legat de subsumarea relațiilor cauzale individuale la legi generale, face Rosen (1982/3), și nu voi dubla excelenta sa analiză privitoare la numeroasele opinii diferite despre acest subiect.

Probabil că astăzi nimeni nu susține poziția radicală conform căreia dacă o persoană afirmă că un enunț cauzal singular este adevărat atunci trebuie neapărat să afirme că este adevărată o anumită lege subsumatoare adecvată. O soluție, poate cel mai abil susținută de Horgan (1980), constă în a admite că nu sînt posibile legi subsumatoare nemijlocite, dar că undeva în adîncime acționează legi precise, formulate în termeni de proprietăți precise, care ne oferă o explicație adecvată a fenomenelor în termeni de legi generale. Dar executarea acestui program este, cu siguranță în prezent și după părerea mea va fi mereu, cel mult o speranță pioasă. În multe cazuri nu vom fi capabili să asigurăm analiza dorită, dar eu nu voi mai relua argumentele pe care le-am adus deja în acest sens în capitolul 2 și la care voi reveni în capitolul 4.

Există un tip de investigații psihologice care ar putea arunca o lumină interesantă asupra credințelor actuale privitoare la aceste chestiuni. Argumente filosofice sau epistemologice de felul celor aduse de Horgan, bunăoară, mi se par lipsite de suport. Ar fi un pas spre lămurirea lucrurilor să știm dacă majoritatea oamenilor cred că există o asemenea teorie fundamentală despre evenimente și dacă, crezînd acest lucru, ei se simt cumva mai liniștiți. O altă investigație psihologică, mai specială, s-ar ocupa cu tipurile de credințe pe care le au oamenii și cu răspunsurile date de ei întrebărilor privitoare la cauzarea individuală. Există oare o tendință generală de a subsuma unor legi proto-subsumatoare descrierile cauzale date de noi evenimentelor individuale? Este evident ce aș spune eu în legătură cu această primă chestiune. Apărarea care constă în a spune că există legi care prin natura lor sînt fie subsumatoare, fie fundaționale nu poate fi susținută pe temeiuri filosofice, dar ar fi util ca subiectul dezbaterii să fie transformat într-un număr de întrebări psihologice privitoare la ce cred oamenii realmente. Este vorba nu de a converti chestiunile metafizice în chestiuni psihologice, ci mai curînd de a lărgi sfera metafizicii pentru a cuprinde ceva mai mult din structura gîndirii; capitolele 7 și 8 reprezintă un efort susținut în această direcție.

Al doilea subiect este, într-un fel, mai bogat în surprize. El a fost subliniat mai ales de Hesslow, și se referă la teza că inferențele de la relații statistice generice la relații cauzale individuale sînt necesarmente nevalide. Astfel, trage el concluzia, „dacă toate relațiile cauzale generice sînt statistice, atunci noi trebuie fie să acceptăm inferențe nevalide, fie să ne abținem de a mai vorbi vreodată despre cauzarea individuală". (1981, p. 598). Mie mi se pare că această linie de argumentare este în mod hotărît greșită, și aș vrea să încerc să spun, pe cît pot de clar, de ce. Înainte de toate, sînt de acord că de la relații statistice generice la relații cauzale individuale nu se fac deducții logic sau matematic valide. Este în însăși natura

teoriei probabilităților și a aplicațiilor ei trăsătura că inferența de la general la particular nu este, în sine, o inferență matematic validă. Absența unei asemenea validități nu interzice totuși nicidecum utilizarea relațiilor cauzale generice cu caracter statistic clar pentru a face inferențe privind cauzarea individuală. Numai că aceste inferențe nu sînt inferențe matematic valide: ele sînt făcute în contextul probabilității și incertitudinii. Menționez în treacăt că există o vastă literatură datorată apărătorilor teoriei probabilităților înțelese ca frecvențe relative, literatură dedicată problemei felului în care s-ar putea face inferențe de la frecvențe relative la cazuri singulare. Deoarece am ajuns să fiu mai curînd un bayesian decît un adept al frecvențelor relative, eu nu trec în revistă aceste argumente, dar multe dintre discuții sînt relevante, dezbătînd tezele lui Hesslow dintr-un punct de vedere diferit de al meu.

Mai întîi, permiteți-mi să disting totuși net relațiile generice și relațiile individuale, arătînd care consider a fi terminologia potrivită pentru a face această distincție. Limbajul pe care îl prefer este acela că relațiile generice sînt relații medii sau mijlocii. Relațiile individuale, în cea mai bună și mai completă ipostază a lor, depind de mostre de traiectorii individuale cunoscute pînă în micile amănunte. O mostră de traiectorie este traiectoria de dezvoltare continuă spațial și temporal a istoriei unei persoane. În mod obișnuit, există în această istorie o mare cantitate de informație care nu este disponibilă sub formă de date medii simple. Pot spune, scurt și cuprinzător, care este durata de viață medie la care ne putem aștepta în cazul unui adult avînd acum 45 de ani și trăind în S.U.A., dar dacă iau în considerare o persoană individuală anume și o examinez în ceea ce privește istoria sa trecută, strămoșii, starea actuală de sănătate, ocupația etc. pot ajunge la o opinie foarte diferită asupra numărului de ani care ne

putem aștepta să-i rămînă de trăit. Ar fi cu siguranță ridicol a crede că există o inferență logic validă de la date medii la date individuale.

Dar pentru un bayesian sau un cvasibayesian ca mine întreaga chestiune are o rezolvare destul de clară. Mai întîi, probabilitățile, ca fiind chestiuni de credință, vizează direct evenimentele individuale și relațiile lor individuale. În al doilea rînd, în virtutea teoremei standard a probabilității totale, atunci cînd spun că un anume individ are o durată de viață estimată la douăzeci de ani am luat deja în considerație toate cunoștințele pe care le posed în ceea ce-l privește. Desigur, dacă aflu ceva nou, probabilitatea se poate schimba, tocmai pe baza teoremei probabilității totale. Acum, chestiunea principală este că în mod obișnuit mult din ceea ce știu despre persoane individuale se bazează pe relații cauzale generice. Pur și simplu, nu știu destule lucruri pentru a trece prea mult dincolo de relațiile generice, și astfel estimările mele probabiliste privind durata de viață rămasă unui individ vor depinde foarte mult de cîteva relații cauzale generice și de puține alte lucruri.

Absența validității logice în raportarea genericului la individual nu mă împiedică nicidecum să vorbesc, contrar tezei lui Hesslow, despre cauzarea individuală. De fapt, aș zice că ceea ce am spus este tocmai redarea corectă a felului în care vorbim despre cauzarea individuală în cazurile în care știm cîte ceva despre relațiile cauzale probabiliste generice. Știm, bunăoară, că norii grei sînt un semn clar de ploaie, și dacă sînt însoțiți de o scădere a presiunii atmosferice semnul este și mai clar. Știm că aceste două condiții, singure, nu vor cauza ploaia cu o probabilitate egală cu 1, dar există o puternică relație cauzală probabilistă. Continuăm să spunem că este probabil ca azi după amiază să plouă, mai devreme sau mai tîrziu. Sîntem destul de mulțumiți de opiniile noastre cauzale în această chestiune, opinii bazate pe un set de relații cauzale generice. Detalii intime de genul acelora aflate la îndemîna meteorologilor

care au responsabilitatea profesională de a prevedea cum va fi vremea nu sînt accesibile, să zicem, în momentul discuției. Meteorologul confruntat cu o problemă asemănătoare utilizează o teorie mult mai complexă a relațiilor generice spre a face, în cele din urmă, predicția pentru după-amiază. Este, de asemenea, important de notat faptul că, desigur, conform tipului de viziune bayesiană pe care îl descriu aici, nu există algoritm sau calcul simplu pentru a trece cu ajutorul probabilității de la relații cauzale generice la relații individuale, nici chiar pentru meteorologul pregătit. Cum să fie estimată și folosită cunoașterea existentă este o chestiune de apreciere. Utilizarea teoremei probabilității totale menționate mai sus depinde atît de probabilități condiționate cît și de probabilități necondiționate, care, în general, depind de apreciere. În cazul în care există cunoștințe științifice foarte detaliate asupra legilor în cauză, s-ar putea întîmpla ocazional ca probabilitățile condiționate să fie cunoscute printr-o activitate vastă de experimentare științifică, dar atunci alt aspect al problemei, legat de aplicarea la evenimentul individual, va rămîne necunoscut în urma acestei experimentări științifice (cu excepția unor cazuri foarte neobișnuite), și aprecierea va interveni în mod necesar.

Legătura dintre apreciere și atribuirea cauzală făcută relativ la evenimente individuale reiese clar din ceea ce am spus. Estimările probabilității evenimentelor individuale depind aproape totdeauna de un element de apreciere intuitivă, iar atribuirile cauzale relativ la asemenea evenimente depind de estimările probabilității. O tendință modernă notabilă, reflectată în previziunile zilnice din multe ziare relativ la timpul probabil și la economie, este trecerea de la estimări calitative brute la estimări cantitative rafinate, dar opinia dominantă a simțului comun că evenimentele individuale pot fi identificate drept cauze, fie că există, fie că nu există o cunoaștere explicită a legilor subsumatoare, persistă.

Fluxul fizic al cauzelor. În excelentul său articol de sinteză despre cauzalitatea probabilistă, Salmon (1980) aduce în centrul atenției una dintre opozițiile cele mai importante între intuițiile privitoare la cauzalitate. Derivările ecuațiilor diferențiale fundamentale ale fizicii clasice oferă în cele mai multe cazuri o analiză fizică foarte satisfăcătoare a fluxului cauzelor într-un sistem, însă fără a menționa probabilitatea. Pentru domeniile în care analiza probabilistă e foarte larg folosită este caracteristic faptul că lipsește o teorie detaliată asupra fenomenelor în discuție. Exemplele din medicină, citate mai înainte în acest capitol, sînt tipice. Putem avea unele idei generale despre cum lucrează un vaccin sau despre mecanismele absorbției vitaminei A, dar nu avem nimic care să semene cu o teorie detaliată adecvată despre aceste subiecte. Sîntem actualmente foarte departe de a putea face vreun tip de predicții teoretice detaliate derivate din supozițiile fundamentale despre structura moleculară, de exemplu. Privitor la aceste chestiuni sau la altele înrudite avem un grad redus de înțelegere în comparație cu tipurile de modele care au avut succes în diferite dornenii ale fizicii clasice referitor la fluxul detaliat al cauzelor. Cred că Salmon are dreptate cînd arată că absența capacității de a face o asemenea analiză este sursa acelui aer de paradox pe care îl au unele dintre contraexemplele date pînă acum. Argumentul principal constă în contestarea tezei că manifestarea unei cauze ar trebui să mărească probabilitatea apariției efectului ei.

Salmon folosește ca un bun exemplu de asemenea fenomen cazul ipotetic construit de Deborah Rosen și relatat în monografia mea din 1970. Un jucător de golf face o figură „birdie", *, lovind o creangă de copac exact sub unghiul potrivit, fără a fi deloc cert că ar fi intenționat s-o facă.

---

* Figură specifică jocului de golf. În limba română nu s-a încetățenit un termen corespunzător expresiei „birdie", care nu poate fi tradusă *ad litteram*. Sensul ei reiese, de altfel, din context. — *Nota trad.*

Aspectul tulburător este că dacă am fi estimat înainte de lovitură probabilitatea reușitei lui în realizarea figurii respective și dacă adăugăm condiția ca mingea să lovească creanga am fi estimat în mod obișnuit o probabilitate categoric mai mică decît dacă el ar fi făcut figura fără această condiție. Pe de altă parte, atunci cînd vedem evenimentul petrecîndu-se, avem recunoașterea fizică nemijlocită a faptului că unghiul exact sub care a fost lovită creanga a jucat rolul crucial în intrarea mingii în cupă. În analiza făcută de mine acestui exemplu în 1970 nu am ținut suficient seamă de opoziția de intuiții dintre viziunea probabilistă generală și viziunea fizică bine structurată. Acum cred că este foarte important ca ea să fie luată în considerare, și sînt perfect de acord cu Salmon că chestiunile legate de ea sînt factorul principal de care depinde acceptarea generală a teoriei probabiliste a cauzalității. Doresc, de aceea, să ofer un răspuns revizuit la întrebările în cauză și să dezvolt ceea ce am spus în acest capitol privitor la importanța acestor procese fizice.

Există cel puțin trei tipuri diferite de cazuri în care ceea ce, pentru alte motive, pare să fie o cauză *prima facie* se dovedește de fapt a fi o cauză negativă, adică probabilitatea condiționată a apariției efectului este, dată fiind cauza, mai scăzută. Un tip de cazuri include situații în care știm multe lucruri despre fizica clasică. Un al doilea tip de cazuri este acela în care se poate construi un exemplu artificial și în care am putea voi să facem afirmații despre observarea unui lanț cauzal. Salmon dă pentru acest tip un exemplu succint și util, pe care îl voi discuta. În al treilea rînd, există cazurile în care, fără vreun temei, atribuim un eveniment surprinzător drept cauză a unui efect semnificativ. În anumite privințe, străvechea predilecție pentru prevestiri intră în această categorie, însă nu voi dezvolta aici acest subiect.

În primul tip de cazuri, există o descriere firească a evenimentului după ce el a avut loc, ceea ce

face ca totul să pară în regulă. Utilizînd exemplul cu mingea de golf ca exemplu tipic, descriem acum evenimentul ca fiind cel în care mingea de golf lovește creanga exact sub unghiul potrivit pentru a cădea în cupă. Dată fiind o asemenea descriere, noi facem bineînțeles ca probabilitatea condiționată să se apropie de unu, dar putem descrie în acest mod evenimentul numai după ce el a avut loc. Pe de altă parte, chestiunea este, desigur, prea generală pentru ca din simpla descriere a evenimentului ca lovire a mingii de golf de creanga copacului să ne putem aștepta să reiasă prea multe lucruri. Vederile mele se conturează clar din ceea ce am spus privitor la alte chestiuni. Aspirația către o descriere detaliată a evenimentului anterioară și adecvată pentru o bună predicție fizică nu este realizabilă în fapt. Valorile parametrilor nu ne vor fi date suficient de precis pentru a prevedea că mingea de golf va lovi creanga copacului exact sub unghiul potrivit pentru a ricoșa în cupă. Ca urmare, în asemenea cazuri nu putem spera să prevedem efectele unor cauze atît de surprinzătoare, dar, bazîndu-ne pe teorii fizice corecte, într-un înalt grad de aproximare, înțelegem după ce am urmărit secvența de evenimente ce anume s-a întîmplat. Alt mod de a pune problema este acesta: există o serie întreagă de cazuri în care nu prea avem speranțe să putem aplica analiza probabilistă într-un mod interesant din punctul de vedere științific sau din cel al simțului comun, deoarece cauzele vor fi surprinzătoare. Cum vom vedea în capitolul 6, chiar în cazuri de o extraordinară simplitate conceptuală, de exemplu problema celor N corpuri între care acționează numai forțele gravitației, o predicție a comportamentului extinsă pe orice perioadă de timp nu este în general posibilă. Astfel, deși eu sînt bayesian în aceste chestiuni legate de evenimentele individuale, cum ar fi cele din exemplul cu mingea de golf, mărturisesc că pentru multe tipuri de evenimente individuale nu sînt capabil să fac analize cauzale probabiliste bune. În același sens, nu pot aplica unor asemenea

evenimente, anterior producerii lor, teorii fizice detaliate. Cît privește predicția, posibilitățile de aplicare par, în ambele cazuri, lipsite de speranță. Poate că nu acesta este modul în care am dori noi să fie făcută lumea, dar în acest mod este făcută ea. Aplicabilitatea limitată a majorității teoriilor la evenimente care se produc în modul cel mai natural este un fapt pe care știința contemporană nu-l subliniază îndeajuns.

Salmon mai dă un exemplu, care are o descriere fizică mult mai simplă decît cea din exemplul cu mingea de golf. Este vorba de bila-țintă și bila în care lovește tacul la biliard, jucătorii avînd 50% șanse de a introduce bila-țintă în punga de la colțul mesei de biliard, cu ajutorul bilei lovite cu tacul. În plus, cum spune Salmon, bila-țintă se duce spre punga din colț, „dacă și aproape numai dacă bila lovită cu tacul se duce în punga din colțul opus". Fie evenimentul A încercarea jucătorului, B căderea bilei-țintă în pungă și C căderea bilei lovite cu tacul în cealaltă pungă. În ipoteza considerată, B este o cauză *prima facie* a lui C, iar Salmon e preocupat de faptul că A nu separă pe B de C, adică face din B o cauză falsă a lui C. El își exprimă preocuparea spunînd că ar trebui să avem relații cauzale adecvate între A, B și C fără a trebui să intrăm în detaliile mai adînci ale teoriei fizice. Dar mie mi se pare că acest exemplu ilustrează un fenomen foarte răspîndit. Analiza fizică pe care o considerăm corectă, anume cea bazată pe cauza autentică a lui C, pe căderea în pungă a bilei lovite cu tacul, utilizează forța de impact și direcția mișcării bilei lovite cu tacul în momentul impactului. Credem, desigur, că această specificație ne poate da o explicație detaliată și corectă a mișcării bilei lovite cu tacul. Pe de altă parte, există o trăsătură importantă a acestei analize fizice detaliate: trebuie să ne angajăm în investigații meticuloase; nu putem face observațiile adecvate asupra evenimentelor anterioare de deplasare și impact într-un mod propriu simțului comun. Dimpotrivă, evenimentele A, B și C sînt

direct și clar observabile. Nu găsesc surprinzător faptul că trebuie să trecem dincolo de aceste trei evenimente pentru a ajunge la o explicație cauzală propriu-zisă și că, în același timp, nu putem totuși face acest lucru recurgînd la evenimente evidente pentru simțul comun. Aristotel nu avusese o asemenea explicație, din cîte știm despre fizica sa. De ce am aștepta-o din partea simțului comun neinstruit ?

A doua clasă de exemple, din care Salmon furnizează cîteva elemente foarte bune, se referă la cazul în care cunoaștem numai tranzițiile probabiliste. Exemplul luat de el privește un atom în stare de excitație. În particular, este vorba de al patrulea nivel de energie. Probabilitatea ca el să treacă la nivelul zero, adică la starea de bază, este unu. Singura întrebare este dacă tranzițiile se vor face prin toate stările intermediare trei, doi și unu sau se va sări peste una dintre ele. Probabilitatea trecerii de la starea a patra la a treia este de 3/4, iar de la a patra la a doua de 1/4. Probabilitatea tranziției de la starea a treia la prima este 3/4, iar de la a treia la starea de bază de 1/4. În sfîrșit, probabilitatea trecerii de la starea a doua la prima este de 1/4, iar de la a doua direct la starea de bază 3/4. Se cere, bineînțeles, ca și probabilitatea tranziției de la prima stare la starea de bază să fie unu. Paradoxul apare din cauză că dacă un atom ocupă în procesul de tranziție starea a doua atunci probabilitatea ca el să ocupe prima stare este de 1/4, dar probabilitatea medie ca el să ocupe prima stare indiferent de traseu este mult mai mare, și anume de 10/16. Astfel, în sensul definițiilor probabiliste date anterior cauzelor *prima facie*, a ocupa starea a doua este o cauză *prima facie* negativă a ocupării primei stări.

Pe de altă parte, așa cum subliniază Salmon, după ce au loc evenimentele tranziției atomului de la starea a patra la o doua și apoi la întîia, mulți ar spune că această succesiune constituie un lanț cauzal. Răspunsul meu la această clasă de exemple este că problema trebuie atacată fron-

tal, negînd că dorim să numim aceste succesiuni „succesiuni cauzale", dacă tot ce știm despre starea a doua rămîne o cauză *prima facie* negativă a ocupării stării întîia. Producerea succesiunii reale nu schimbă această caracterizare. În lucrările mele constructive despre cauzalitate nu am avansat o definiție formală a lanțurilor cauzale, și aceasta din motive serioase. Cred că este greu de hotărît după care dintre diversele intuiții opuse ar trebui să se conducă definiția.

Am mai putea examina felul în care s-ar putea schimba vederile noastre asupra acestui exemplu dacă probabilitățile ar fi împinse mai aproape de extreme, adică dacă probabilitatea medie a ocupării primei stări de energie s-ar apropia de unu, iar probabilitatea tranziției de la starea a doua la prima ar fi aproape zero. În asemenea cazuri, dacă observăm succesiunea tranzițiilor de la starea a patra la a doua, și apoi la prima, am putea înclina să spunem că atomul a trecut în starea întîia în ciuda ocupării stării a doua. Utilizînd expresii ca „în ciuda", arătăm scepticismul nostru relativ la credința că ceea ce am observat ar fi un lanț cauzal autentic.

Cauze comune. Este un merit al lui Reichenbach acela de a fi recunoscut că un principiu firesc al cauzalității este de a aștepta ca evenimente simultane, separate spațial și puternic corelate să depindă de o cauză comună care ar fi generat corelația. Există o diversitate de chestiuni controversate privitor la principiul cauzei comune, iar sursa controversei este absența unor intuiții clare și larg acceptate asupra lucrurilor la care ar trebui să ne așteptăm în legătură cu acele cauze. Să ne așteptăm ca aceste cauze să existe realmente ? Atunci ar trebui oare să fim totdeauna capabili de a găsi o cauză comună care elimină această corelație fenomenologică în sensul că, dacă vom condiționa cauza comună, noua corelație condiționată va fi zero ? O altă chestiune privește determinismul cauzelor comune. Trebuie să ne așteptăm ca aceste cauze să fie deterministe,

sau putem găsi cauze comune strict probabiliste ? Într-un eseu recent, Van Fraassen (1982) exprimă astfel părerea că aceste cauze trebuie să fie deterministe:

> Dar credința în principiul cauzei comune implică credința că în cazurile relevante nu există o simplă compatibilitate (astfel că parametri determiniști ascunși ar putea fi introduși în modelele teoriei), ci că toate evenimentele ascunse care constituie cauze comune sînt reale, deci, că lumea este realmente deterministă (p. 208).

În replică la Van Fraassen, Salmon (1982) sugerează că principiul cauzei comune este folosit uneori ca principiu explicativ, iar alteori ca principiu de inferență. De asemenea, el sugerează implicit un al treilea tip, diferit, de utilizare, considerat de Van Fraassen ca fiind și un principiu de raționalitate: căutarea, oricînd e cu putință, a unei cauze comune pentru explicarea evenimentelor simultane puternic corelate. Această ultimă utilizare a principiului ca principiu de raționalitate nu garantează reușita în încercarea de a găsi explicații sau de a face inferențe, dar poate fi importantă pentru strategia cercetării. Dialogul dintre Salmon și Van Fraassen, purtat în cele două articole menționate, conține o serie de elemente utile despre cauzele comune, dar, în loc de a examina detaliat exemplele, contraexemplele, argumentele și contraargumentele pe care și le aduc unul celuilalt, aș vrea să sugerez ce consider eu a fi o opinie rezonabilă despre principiul cauzei comune. O voi face evitînd, cu o singură excepție, referirile la mecanica cuantică. De asemenea, voi generaliza analiza la mai mult de două evenimente, deoarece în multe aplicații științifice nu este potrivit să se ia în considerare corelațiile dintre numai două evenimente.

Mai întîi, voi arăta ceva mai explicit ce înțeleg prin cauză comună. Expunerea făcută aici va fi

destul de sumară. Detaliile tehnice ale multora dintre observațiile făcute sînt furnizate în anexa capitolului.

Fie A și B evenimentele corelate și aproximativ simultane adică $P(AB) \neq P(A)P(B)$. Atunci evenimentul C este o *cauză comună* a lui A și B dacă:

(i) C se produce anterior lui A și B;

(ii) $P(AB/C) = P(A/C)P(B/C)$;

(iii) $P(AB/\bar{C}) = P(A/\bar{C})P(B/\bar{C})$.

Cu alte cuvinte, C le face pe A și B condiționat independente, și la fel le face $\bar{C}$, complementarul lui C. Cînd corelația dintre A și B este pozitivă, adică $P(AB) > P(A)P(B)$, am putea dori de asemenea să fie satisfăcută condiția:

(iv) C este cauză *prima facie* a lui A și a lui B.

În cele ce urmează nu voi face presupunerea (iv). Voi enunța într-un limbaj neformal o serie de propoziții menite să clarifice cît de cît controversa privitoare la cauzele comune. Primele două propoziții decurg dintr-o teoremă despre cauzele comune demonstrată în Suppes și Zanotti (1981).

Propoziția I. *Fie evenimentele* $A_1, A_2 \ldots, A_n$, *astfel că fiecare două evenimente din acest șir sînt corelate. Atunci o condiție necesară și suficientă pentru a se putea construi o cauză comună a acestor evenimente este ca evenimentele* $A_1, A_2, \ldots, A_n$ *să admită repartiția comună de probabilități compatibilă cu corelațiile existente între evenimentele luate două cîte două.*

Un element important de subliniat în legătură cu această propoziție este generalitatea și, în același timp, șubrezenia ei. Nu s-au făcut nici un fel de restricții relativ la natura cauzelor comune. Odată ce a fost impus un fel oarecare de restricții de tip fizic sau de orice alt tip empiric, cauza comună s-ar putea să nu mai existe. În caz că ceea ce vrem să știm este pur și simplu dacă în

principiu poate fi găsită o cauză comună avînd calitatea de cauză subiacentă a corelațiilor observate între evenimente, atunci răspunsul nu este unul care să fi fost mult discutat în literatură. Tot ceea ce se cere este existența unei repartiții comune de probabilități a variabilelor fenomenologice. Este evident că atunci cînd candidatele la rolul de cauze comune sînt dinainte limitate este foarte simplu să dai exemple artificiale cu care să arăți că printre cauzele posibile date dinainte nu se poate găsi nici o cauză comună. Ușurința cu care se construiesc asemenea exemple artificiale arată limpede că același lucru este valabil în investigațiile științifice semnificative. Bunăoară, cînd se limitează cauzele posibile ale bolilor, este adesea greu pentru medici să găsească o cauză comună în setul dat de candidate la acest rol.

Propoziția II. *Cauza comună din propoziția* I *poate fi totdeauna construită în așa fel încît să aibă caracter determinist.*

Din nou, în absența oricăror restricții, determinismul ne este totdeauna accesibil. Pe de altă parte, sînt ușor de impus cîteva principii firești de simetrie care exclud cauzele deterministe atunci cînd corelațiile sînt strict probabiliste, adică atunci cînd corelațiile dintre evenimente la nivel fenomenologic nu sînt ele însele deterministe. Formulări explicite ale acestor principii de simetrie sînt date în anexă.

Propoziția III. *Se pot impune cu ușurință condiții de simetrie astfel încît corelații strict probabiliste între evenimente observate fenomenologic trebuie să aibă drept cauză comună o cauză strict probabilistă.*

Această ultimă propoziție are, desigur, o natură specială. Ea se referă la principii de simetrie discutate în anexă. Condițiile sînt suficiente, dar nu necesare. Ar fi de dorit să fie găsite condiții

necesare și suficiente semnificative, care impun cauzei comune să fie mai curînd probabilistă decît deterministă.

În sfîrșit, formulez o aplicație la mecanica cuantică.

Propoziția IV. *Există date corelate fenomenologic care nu pot avea o cauză comună consistentă teoretic cu mecanica cuantică, deoarece nu poate exista o repartiție comună de probabilități a datelor conform descrierii din propoziția* I.

Existența unor repartiții comune de probabilități în mecanica cuantică este analizată destul de detaliat în capitolul 4.

Închei capitolul cu acest enunț rezumativ: *În general, cauzalitatea are caracter probabilist, nu determinist, și prin urmare nu există nici o inconsistență între aleatorul din natură și existența unor legi cauzale valide.*

ANEXĂ PRIVIND CAUZELE COMUNE

În această anexă prezint cîteva teoreme despre inferențe de la corelații fenomenologice la cauze comune. În cadrul mecanicii cuantice teoremele sînt în principal teoreme despre variabile ascunse*. Majoritatea demonstrațiilor nu vor fi prezentate, dar vor fi citate referințele bibliografice unde pot fi găsite aceste demonstrații. Conținutul acestei anexe urmează îndeaproape prima parte din Suppes și Zanotti (1984).

Pentru a evidenția chestiunile conceptuale și a păstra simplitatea tehnică în primul plan, iau în considerare numai variabilele aleatoare cu două valori, valorile ± 1. Vom presupune, de asemenea, existența simetriei pentru aceste variabile aleatoare, simetrie concretizată prin aceea că pentru fiecare dintre ele mediile vor fi zero și astfel fiecare va avea o dispersie pozitivă egală cu unu. Pentru întărire, enunțăm:

Supoziție generală

Variabilele fenomenologice aleatoare $X_1, \ldots, X_N$ *au valorile posibile* ± 1, *cu medii* $E(X_i) = 0, 1 \leqslant i \leqslant N$.

Folosim de asemenea notațiile X, Y și Z pentru variabilele fenomenologice aleatoare. Folosim no-

* În limba română s-a încetățenit expresia „parametri ascunși", care însă nu poate fi folosită în unele contexte, ceea ce ne-a obligat ca în aceste cazuri — mai ales contexte referitoare la ecuații și teoreme matematice — să păstrăm și echivalentul „variabile ascunse". — *Nota trad.*

tația $E(XY)$ pentru covarianța care pentru aceste variabile simetrice aleatoare este aceeași cu corelația lor $\rho(X, Y)$.

Înțelesul fundamental al *cauzei comune* pe care îl vom adopta este acela că atunci cînd sînt date două variabile aleatoare, să zicem X, Y, pentru ca o variabilă ascunsă λ să fie numită *cauză comună* trebuie ca ea să facă variabilele aleatoare independente, adică

$$E(XY \mid \lambda) = E(X \mid \lambda)\, E(Y \mid \lambda) \tag{1}$$

Două teoreme deterministe

Începem cu o teoremă care afirmă un rezultat deterministic. Ea spune că dacă două variabile aleatoare au o corelație strict negativă, atunci orice cauză în sensul lui (1) trebuie să fie deterministă, adică variațele condiționate ale celor două variabile aleatoare, dată fiind variabila ascunsă λ, trebuie să fie zero. Folosim notația $\sigma(X/\lambda)$ pentru abaterea condiționată standard a lui X dat fiind λ, iar pătratul ei este, bineînțeles, varianța condiționată.

Teorema 1 (Suppes și Zanotti, 1976 b). *Dacă:*

$$\text{(i)} \qquad \mathrm{E}(\mathrm{XY}/\lambda) = \mathrm{E}(\mathrm{X}/\lambda)\, \mathrm{E}(\mathrm{Y}/\lambda)$$

$$\text{(ii)} \qquad \rho(\mathrm{X}, \mathrm{Y}) = -1$$

atunci:

$$\sigma(\mathrm{X}/\lambda) = \sigma(\mathrm{Y}/\lambda) = 0$$

Cea de-a doua teoremă afirmă că singurul lucru necesar pentru a avea o cauză comună a N variabile aleatoare este ca ele să aibă o repartiție comună de probabilități. Această teoremă este importantă din punct de vedere conceptual în raport cu lunga istorie a teoremelor variabilelor ascunse din mecanica cuantică. De exemplu, în demonstrația originală a inegalităților lui Bell, Bell (1964) a presupus existența unei variabile cauzale

ascunse, în sensul lui (1) și și-a derivat inegalitățile din această supoziție. Ceea ce arată teorema 2 este că presupunerea existenței unei variabile ascunse nu este necesară în asemenea discuții: este suficient a rămîne la nivelul fenomenologic. Odată ce știm că există o repartiție comună de probabilități, trebuie să existe o variabilă cauzală ascunsă, și de fapt această variabilă ascunsă poate fi construită în așa fel încît să aibă caracter deterministic.

Teorema 2. (Suppes și Zanotti, 1981). *Date fiind variabilele fenomenologice aleatorii* $X_1, \ldots, X_N$, *există o variabilă ascunsă* λ, o cauză comună astfel că

$$E(X_1, \ldots, X_N \mid \lambda) = E(X_1 \mid \lambda) \ldots E(X_N \mid \lambda)$$

dacă și numai dacă există o repartiție comună de probabilități a lui $X_1, \ldots, X_N$. *În plus,* λ *poate fi construit ca o cauză deterministă, adică pentru* $1 \leqslant i \leqslant N$

$$\sigma(X_i \mid \lambda) = 0$$

Intersanjabilitatea

Trecem acum la impunerea unor condiții de simetrie naturală atît la nivel fenomenologic cît și la nivel teoretic. Principalul principiu de simetrie pe care îl vom folosi va fi cel al intersanjabilității. Două variabile aleatoare X și Y din clasa pe care o studiem se numesc intersanjabile dacă este satisfăcută următoarea egalitate probabilistă:

(2) $$P(X = 1, Y = -1) = P(X = -1, Y = 1)$$

Prima teoremă enunțată arată că, dacă două variabile aleatoare sînt intersanjabile la nivel fenomenologic, atunci există o variabilă cauzală ascunsă ce satisface restricția suplimentară ca ele să aibă aceeași medie condiționată dacă și numai dacă corelația lor este nonnegativă.

Teorema 3. (Suppes și Zanotti, 1980). *Dacă* X *și* Y *sînt interșanjabile, atunci există o variabilă ascunsă* λ *astfel că*

(1) λ *este o cauză comună a lui* X *și* Y

(2) $$E(X \mid \lambda) = E(Y \mid \lambda)$$

dacă și numai dacă

$$\rho(X, Y) \geqslant 0$$

În legătură cu această teoremă se impun mai multe remarci. Întîi, principiul fenomenologic al simetriei, adică principiul de interșanjabilitate, nu a fost utilizat în fizică atît de explicit cum ne-am fi putut aștepta. În contextul tipurilor de experimente utilizate în mod obișnuit pentru testarea teoriilor cu parametri ascunși, cerința interșanjabilității fenomenologice este necontroversată. Pe de altă parte, cerința teoretică a identității distribuțiilor condiționate nu are același statut. Subliniem că aici ne referim la efectul cauzal mediu al lui λ. Evident, efectele cauzale reale vor fi în general destul de diferite. Am admite, desigur, că în multe situații fizice acest principiu ar putea fi prea tare. Scopul teoremelor noastre în legătură cu el este acela de a arăta că odată ce se cere un principiu teoretic de simetrie atît de tare, variabilele aleatoare interșanjabile și negativ corelate nu-l pot satisface.

Teorema 4 întărește teorema 3, arătînd că atunci cînd corelațiile sînt situate strict între zero și unu cauza nu poate avea caracter determinist.

Teorema 4. (Suppes și Zanotti, 1984). *Date fiind condițiile din teorema 3, dacă* $0 < \rho(X, Y) < 1$, *atunci* λ *nu poate avea caracter* determinist, adică $\sigma(X \mid \lambda), \sigma(Y \mid \lambda) \neq 0$.

Demonstrație. Observăm mai întîi că în virtutea presupunerilor făcute:

$$\text{Min } \{P(X=1,\ Y=-1),\quad P(X=1,\ Y=1),$$

$$P(X=-1,\ Y=-1)\} > 0$$

Fie acum Ω spațiul probabilizat pe care sînt definite toate variabilele aleatoare. Fie $\mathcal{A} = \{A_i\}$, $1 \leqslant i \leqslant N$ și $\mathcal{H} = \{H_j\}$, $1 \leqslant j \leqslant M$ două partiții ale lui Ω. Spunem că $\mathcal{H}$ este o *rafinare a lui* $\mathcal{A}$ *în probabilitate* dacă și numai dacă pentru orice i și j avem:

Dacă $P(A_i \cap H_j) > 0$, atunci $P(A_i \cap H_j) = P(H_j)$

Fie acum λ o variabilă cauzală aleatoare pentru X și Y în sensul teoremei 3 și fie ca λ să fi indus partiția $\mathcal{H} = \{H_j\}$, care, fără pierderea vreunui grad de generalitate, poate fi presupusă finită. Atunci λ are caracter determinist dacă și numai dacă $\mathcal{H}$ este o rafinare în probabilitate a partiției $\mathcal{A} = \{A_i\}$ generată de X și Y, căci să presupunem, din contră, că lucrurile nu ar sta așa. Atunci trebuie să existe i și j astfel ca $P(A_i \cap H_j) > 0$ și

$$P(A_i \cap H_j) < P(H_j)$$

dar atunci $0 < P(A_i \mid H_j) < 1$.

Arătăm apoi că dacă λ are caracter determinist, atunci $(EX \mid \lambda) \neq E(Y \mid \lambda)$, ceea ce va completa demonstrația.

Fie, ca mai înainte, $\mathcal{H} = \{H_j\}$ partiția generată de λ. Întrucît știm că

$$\sum_j P(X=1, Y=-1, H_j) = P(X=1, Y=-1) > 0$$

atunci trebuie să existe un H_j astfel că

$$P(X=1,\ Y=-1,\ H_j) > 0$$

dar întrucît λ are caracter determinist, $\mathcal{H}$ trebuie să fie o rafinare a lui $\mathcal{A}$ și astfel, cum s-a demonstrat deja,

$$P(X=1,\ Y=-1 \mid H_j) = 1$$

de unde

$$P(X = 1,\ Y = 1 \mid H_j) = 0$$

$$P(X = -1,\ Y = 1 \mid H_j) = 0$$

$$P(X = -1,\ Y = -1 \mid H_j) = 0$$

şi prin urmare avem

$$(3)\quad P(X = 1 \mid H_j) = P(Y = -1 \mid H_j) = 1$$

$$P(X = -1 \mid H_j) = P(Y = 1 \mid H_j) = 0$$

Reamintindu-ne că $E(X \mid \lambda)$ este funcţie de λ şi astfel, de partiţia $\mathcal{H}$, avem pe dată din (3) că

$$E(X \mid \lambda) \neq E(Y \mid \lambda).$$

4

INCERTITUDINEA

A treia dogmă a metafizicii neotradiționale pe care am enumerat-o în capitolul 1 era afirmarea posibilității unei cunoașteri certe. De la Descartes la Russell, o temă centrală a filosofiei moderne a fost cea legată de proiectul elaborării unei metode prin care s-ar putea obține certitudinea și, în același timp, de proiectul găsirii unei baze a cunoașterii care să fie potrivită pentru restul suprastructurii. Introducerea conceptului de date ale simțurilor și istoria dezvoltării utilizării acestui concept constituie istoria căutării certitudinii în cunoaștere, în special în cadrul tradiției empiriste, ca alternativă la cunoașterea rațională directă a Universului. Eu salut critica raționalismului și preocuparea justificată de a nu admite posibilitatea cunoașterii directe a lumii în absența experienței. Dar tocmai dorința de a concura tipul de întemeiere oferit de raționalism a fost aceea care a motivat pasul suplimentar greșit constînd în încercarea de a întemeia cunoașterea pe experiență într-un mod care să garanteze certitudinea rezultatelor ei.

În cadrul acestei tradiții din filosofia modernă au existat două tipuri de cunoaștere în legătură cu care s-a ridicat în mod deosebit pretenția certitudinii. Unul este cel bazat pe datele simțurilor menționate mai sus. S-ar putea, bunăoară, să nu pot spune cu certitudine că privesc un măr roșu, dar pot susține cu certitudine că percep o pată roșie.

Al doilea tip de cunoaştere se referă la cunoaşterea logică sau apriorică. Cerinţa certitudinii a fost frecvent formulată în legătură cu adevărurile logice sau cu adevărurile aritmeticii. De exemplu, se pretinde că s-ar şti sigur că $7+5=12$ sau că mîine va ploua sau nu va ploua.

Ambele opinii mi se par greşite, dar nu este prea original din partea mea să spun asta. Criticile aduse atît doctrinei caracterului nemijlocit al cunoaşterii cît şi doctrinei certitudinii apriorice a adevărurilor logice sînt actualmente foarte răspîndite. Pe de o parte, din punctul de vedere al percepţiei, se susţine că nu există nimic de felul unei cunoaşteri nemijlocite. Literatura psihologică generală despre percepţie tinde în mod sigur să sprijine opinia conform căreia cunoaşterea perceptivă nu este niciodată nemijlocită ci depinde de un cadru conceptual de interpretare. În acelaşi spirit, speranţa trasării unei distincţii nete între adevărurile logice şi cele empirice a fost contestată cu severitate, iar statutul special atribuit, în viziunea clasică, cunoaşterii logice sau matematice este considerat a avea un caracter îndoielnic.

Acest capitol este organizat pe următoarele direcţii. Mai întîi, pun sub semnul întrebării doctrina tradiţională despre certitudinea apriorică a cunoaşterii matematice. După aceea, discut cele trei sensuri date de Euler certitudinii şi apoi erorile de măsurare. Ultimul punct permite o trecere firească la mecanica cuantică şi la principiul incertitudinii al lui Heisenberg. Închei cu o secţiune privind înţelesul enunţurilor de probabilitate.

Certitudinea cunoaşterii matematice

Există un aspect al problemei certitudinii cunoaşterii matematice care mi se pare a nu fi fost subliniat îndeajuns. E vorba de răspîndirea publicaţiilor ce conţin corectări care se aduc articolelor matematice. Dacă adevărurile matematicii sînt cunoscute a priori, pare absurdă constatarea că articolele matematice suferă mai multe corectări

decît articolele din orice alt domeniu al ştiinţei. Fără a merge prea departe, s-ar putea anticipa că în publicarea articolelor empirice despre experimente şi observaţii complexe asupra chestiunilor de fapt este de aşteptat să se producă erori şi să se publice corectări ale acestor erori. Desigur, fac o distincţie clară între diversele persoane care realizează "acelaşi" experiment, încercînd aşadar să reproducă rezultatele experimentale, şi o persoană anume care publică o dare de seamă asupra erorilor făcute în cursul realizării unui experiment. Fiecare dintre noi, dacă este familiarizat cu problemele complexe ale realizării unui asemenea lucru, va fi bănuitor, chiar sceptic relativ la faptul că atît de rar se fac corectări de erori în legătură cu realizarea concretă a experimentelor. Pe de altă parte, acest lucru este obişnuit în matematică, iar investigaţia pentru a stabili de ce stau lucrurile aşa face parte din analiza pe care o fac eu certitudinii.

Răspunsul nu e greu de dat. Criteriul efectiv pentru aprecierea unei realizări matematice este realmente un criteriu de un empirism radical. Orice s-ar spune despre statutul adevărurilor matematice, în realitate corectitudinea unei realizări matematice anume este apreciată empiric pe baza datelor prezentate direct în cadrul cercetării matematice, acesta fiind prin urmare motivul etichetării matematicii ca radical empirică. Deoarece datele se prezintă cu o completitudine ce nu este caracteristică nici unei alte sfere a ştiinţelor empirice, este posibil să fie detectate erorile şi aceste erori să fie aduse efectiv în atenţia autorilor [1].

[1] Am întreprins o mică investigaţie pentru a sprijini opinia că matematica este radical empirică în comparaţie cu disciplinele experimentale. În acest scop, am comparat numărul de corectări publicate în 1980 în volumele 27 şi 28 ale revistei „Perception and Psychophysics", o publicaţie destinată esenţialmente cercetării experimentale, cu cele din volumul 8 al revistei „The Annals of Statistics", o publicaţie esenţialmente matematică. În prima revistă nu s-au publicat corectări. Dimpotrivă, în cealaltă au fost publicate în aceeaşi perioadă şapte note destinate corectării erorilor.

Regula după care se detectează erorile este o regulă clară. Demonstrația făcută sau satisface un criteriu anume de demonstrație, sau, dacă nu, în ea se găsesc unele defecte. Acest criteriu de demonstrație nu e cu totul formal; totuși, se poate pleda pentru ideea că, dacă în legătură cu corectitudinea unei demonstrații disputa persistă, tendința va fi către rezolvarea chestiunii printr-o apropiere tot mai mare de demonstrația formală. Așa cum indică tipul de corectări publicate la care mă refer, nu există, în sens practic, nici un mod realist de a susține că adevărurile matematicii au un statut special și o certitudine care nu ar fi caracteristică afirmațiilor privitoare la alte domenii ale experienței.

S-ar putea spune că, sprijinind cu atîta putere ideea unui empirism radical al matematicii, sprijin de fapt cu putere o anume filosofie a matematicii, adică o variantă a formalismului. Totuși nu acesta pare să fie cazul, deoarece în evaluarea unei realizări matematice publicate, se aplică, de bine de rău, aproximativ aceeași regulă de demonstrație, oricare ar fi filosofia matematicii subiacentă autorului sau cititorului. Orice preocupare pentru filosofia fundațională a autorului este aproape irelevantă în evaluarea concretă a corectitudinii demonstrației. Desigur, sînt posibile dezacorduri în legătură cu principiile de inferență acceptabile, de exemplu binecunoscutele dezacorduri privind acceptarea axiomei alegerii, dar corectările publicate nu depind niciodată de asemenea chestiuni. Erorile care sînt corectate apar în interiorul cadrului principiilor acceptate de autor.

Voi încerca să mă exprim altfel. Orice afirmații s-ar face privitor la intuiția matematică, corespondența dintre noțiunea de consecință logică și noțiunea sintactică de derivare este folosită pentru a converti criteriul de corectitudine a demonstrației dintr-o noțiune semantică și general intuitivă într-o noțiune — dacă vreți — empirică și sintactică, controlabilă în ultimă instanță într-un mod empiric deplin finitist. Eu susțin că acest control

empiric final este adevăratul test de corectitudine pentru o realizare matematică, iar necesitatea de a publica partea importantă a datelor face să fie corectă teza mea că matematica oferă prin excelență exemplul unui subiect de un empirism radical. Certitudinea pe care o găsim în matematică nu decurge din vreun considerent intuitiv sau aprioric, ci pur și simplu din caracterul discret și ușor de etalat al datelor oferite în sprijinul unei teze (empirice) anume.

Cele trei sensuri ale certitudinii la Euler

Printre scrisorile adresate de Euler unei prințese germane, cea datată 14 aprilie 1761 se ocupă de trei sensuri ale certitudinii. Primul, pe care l-am numi, probabil, certitudine perceptivă, este ceea ce Euler numește *la certitude physique*. El corespunde cu ceea ce am identificat anterior ca fiind vederea unei pete roșii, deși Euler nu o leagă de datele simțurilor ci de vederea evenimentelor fizice. Exemplul lui este vederea faptului că austriecii au fost la Berlin și au făcut prăpăd. Al doilea sens pe care îl dă el certitudinii, sensul demonstrației matematice pe care tocmai l-amdiscutat, este cel de *certitude logique ou démonstrative*. Exemplele de certitudine demonstrativă pe care le dă Euler sînt, așa cum v-ați putea aștepta, adevărurile geometriei demonstrate pe baza axiomelor lui Euclid. În sfîrșit, al treilea sens, legat de ceea ce știm noi pe baza celor spuse de alții, este cel de *certitude morale*. Încrederea noastră în adevărul celor spuse ne face să numim acest sens sensul certitudinii morale. Exemplele lui sînt cunoștințele noastre despre existența lui Iuliu Cezar sau August, ori certitudinea noastră morală că rușii au fost la Berlin. În general, exemplele lui Euler sînt fapte istorice.

Aceste trei sensuri ale certitudinii sînt puternic înrădăcinate în simțul comun. Deși remarcile mele tindeau să reunească certitudinile fizică și de-

monstrativă, o distincție între ele există cu siguranță. Am încercat să fac o distincție pe care o consider potrivită numind matematica domeniu radical empiric, deoarece ea este singura disciplină științifică ce nu descrie date empirice în termeni rezumativi, ci pune efectiv în circulație o masă de date relevante, adică demonstrațiile matematice înseși. Simplul fapt că demonstrațiile pot fi publicate, oferind prin aceasta datele în mod direct, constituie o distincție importantă. Dacă vom compara orice raport privind un experiment fizic complicat, vom vedea în ce mare măsură acceptarea de către noi a rezultatelor experimentale este o chestiune de certitudine morală în sensul lui Euler. Trebuie să credem că relatarea cercetătorului este fidelă. Dacă avem motive de îndoială serioasă sau scepticism, nu putem controla în nici un mod direct corectitudinea raportului experimental, decît căutînd un alt exemplu de experiment relatat în literatură sau, dacă sîntem competenți, reproducînd experimentul.

Un alt sens în care empirismul radical al matematicii poate fi distins de empirismul restului științei este acela evidențiat de faptul că criteriul empiric al corectitudinii unei demonstrații depinde în ultimă instanță de un criteriu pur sintactic aplicat cuvintelor și simbolurilor demonstrației. Nu acesta este cazul în relatarea experimentelor științifice. Pe de altă parte, trebuie recunoscut că în practică această distincție nu este atît de netă pe cît aș dori eu. Insist asupra punctului de vedere al empirismului radical al matematicii în scopul de a furniza o bază pentru critica uneia dintre fundațiile clasice ale gîndirii neempirice, și cred că este o situație potrivită pentru a insista asupra ideii că criteriul de corectitudine a demonstrației este în ultimă instanță sintactic. Totuși, sintaxa are sens doar în termenii unei interpretări semantice. În practică, pentru evaluarea corectitudinii unei demonstrații sînt folosite de obicei înțelesurile cuvintelor utilizate și nu forma lor sintactică precisă.

Trebuie să fiu atent în formularea acestei chestiuni privitoare la înțeles. În cazul experimentelor științifice există de asemenea în mare măsură un consens asupra înțelesului exprimat prin faptele folosite drept cadru admis al unui experiment. Se presupune că multe dintre aceste fapte fundamentale pot fi controlate prin repetarea unor experimente trecute, dacă se cere acest lucru. Demonstrațiile matematice au aceeași caracteristică. Există o considerabilă presupunere de înțelesuri implicite în formularea demonstrațiilor, dar este de asemenea admis că o contestație a oricăruia dintre aceste înțelesuri implicite, ca și utilizarea unui limbaj neformal, pot fi controlate printr-o descompunere în înțelesuri mai simple asupra cărora există acord. Această descompunere în înțelesuri mai simple poate fi în ultimă instanță raportată la un criteriu sintactic, iar satisfacerea criteriului sintactic este atunci o sarcină empirică nemijlocită. În practică corectările la demonstrațiile matematice nu recurg la un criteriu pur sintactic, după cum reproducerea unor experimente ce duc la rezultate diferite nu investighează la nivelul primar toate aspectele cadrului presupus. Ceea ce este totuși important este să se recunoască în ambele cazuri posibilitatea principială a unor asemenea reducții la componentele elementare sau primare.

Pentru cei care nu sînt mulțumiți de viziunea mea sintactică finală asupra demonstrațiilor — și mulți matematicieni nu vor fi — empirismul radical al matematicii se poate funda pe analiza practicii ei. Sînt publicate mult mai multe date relevante decît în cazul experimentelor științifice. Aceasta este sursa numeroaselor corectări aduse realizărilor matematice publicate, care nu pot fi constatate în științele experimentale (vezi nota 1).

În mod surprinzător, o viziune empirică despre matematică este recunoscută tacit de Kant în reflecția sa asupra naturii certitudinii metafizice din *Cercetare asupra deosebirii dintre principiile*

teologiei naturale și cele ale moralei (1764). Iată pasajele pertinente:

> În deducțiile și demonstrațiile ei, matematica gîndește cunoașterea ei universală ca ceva concretizat în semnele sale, în timp ce filosofia o consideră ca ceva ce continuă abstract odată cu semnele ei. Aceasta duce la o diferență notabilă a felului în care fiecare dintre ele atinge certitudinea, căci, deoarece semnele matematicii sînt instrumente sensibile ale cunoașterii, putem să știm, cu aceeași siguranță pe care o avem în ceea ce vedem, că nu am pierdut nimic din vedere, că fiece comparație individuală se face conform unor reguli simple etc. Aici atenția este mult ușurată prin aceea că nu trebuie să examinăm lucrurile în sensul lor universal, ci mai curînd semnele în cunoașterea individuală pe care o avem despre ele.
>
> ... În geometrie, unde semnele au în plus o asemănare cu lucrurile desemnate, evidența este chiar mai mare, deși în calculele cu litere certitudinea este la fel de demnă de încredere (ediția Beck, p. 276—277).

În această analiză am recunoscut distincția obișnuită dintre demonstrații matematice și experimente științifice; totuși, am argumentat că ambele au caracter empiric, revendicarea caracterului empiric celui mai radical fiind însă, contrar vederilor obișnuite, în favoarea demonstrațiilor matematice mai curînd decît în favoarea experimentelor științifice. În practică, cel de-al treilea sens al lui Euler, sensul de certitudine morală, este cel pe care îl folosim cel mai mult în acceptarea rezultatelor muncii matematice sau științifice efectuate de alții. Destul de interesant este faptul că acest sens al certitudinii a beneficiat mult mai puțin de o analiză sistematică, ceea ce se datorează neîndoielnic faptului că în tradiția filosofică clasică la care făceam aluzie anterior exista senzația că cele două surse ale certitudinii autentice erau percepția nemijlocită și adevărurile apriorice. În această tradiție nu se rezervă

un loc similar cunoașterii obținute din comunicarea cu alte persoane. Obiectivul celor spuse de mine este totuși acela de a argumenta că în multe cazuri primele două sensuri se reduc de fapt la cel de-al treilea. Acest al treilea sens cere încrederea și cooperarea membrilor unei comunități de persoane cu interese comune. Aspectele psihologice și sociale ale unor asemenea comunități au fost aproape complet neglijate în analizele filosofice tradiționale ale certitudinii, care au accentuat o abordare gen Robinson Crusoe a cunoașterii.

Cele trei sensuri euleriene ale certitudinii introduc un set util de distincții, pe care noi toți le recunoaștem în practică. Doresc să afirm clar că nu accept ridicarea distincțiilor introduse de el la un statut epistemologic fundamental. Toate cele trei sensuri sînt sensuri variabile ale certitudinii empirice, supusă greșelii și corectării permanente.

Trec acum la remarci metodologice mai precise despre certitudine. Acesta a fost un subiect important în metodologia fizicii și, mai general, în metodologia măsurării. Mai întîi voi trece în revistă cîteva chestiuni metodologice și apoi voi face cîteva reflecții despre semnificația lor filosofică.

Erori de măsurare

Pe măsură ce metodologia științifică și teoria probabilității s-au dezvoltat împreună în acea explozie de activitate intelectuală din secolul al XVIII-lea, s-a recunoscut nu numai că se produc efectiv erori de măsurare, ci și că se poate emite o teorie sistematică asupra acestor erori. Memorii fundamentale despre analiza erorilor de observație au fost scrise de Simpson, Lagrange, Laplace, Gauss și alții. Ceea ce este important în legătură cu aceste memorii este însă faptul că nu era deloc examinată chestiunea existenței sau nonexistenței unei valori exacte a cantității măsurate. În aceste dezvoltări din secolul al XVIII-lea

există în mod implicit, așa cum exista implicit în toată filosofia lui Laplace, ideea conform căreia considerațiile probabiliste, incluzînd erori, provin din ignorarea adevăratelor cauze, iar universul fizic este astfel constituit încît, în principiu, am putea obține valorile adevărate exacte ale cantităților fizice pe care dorim să le măsurăm.

Aceeași atitudine a persistat în secolul al XIX-lea, existînd o atmosferă de încredere în capacitatea de a măsura exact valorile adevărate, astfel că în tratate importante (de exemplu, *Mecanica cerească* a lui Laplace sau *Electricitatea și magnetismul* a lui Maxwell) se dădea puțină atenție analizei erorilor. În speță, nu apărea nici o analiză detaliată, cantitativă sau matematică, a erorilor. Se considera implicit că rafinarea valorilor obținute cu o cifră semnificativă ar fi pur și simplu o chestiune de efort anost și îndelungat. Presupunerea că se poate găsi valoarea adevărată, invariabilă a unei măsurători fizice este legată conceptual de atitudinea determinismului strict enunțat de Laplace și, de asemenea, de opinia că orice eveniment are o cauză strict determinată.

Dar nu există nici o speranță de a duce efectiv pînă la capăt un program al certitudinii stricte, în sensul de a obține valoarea exactă și adevărată a unei mărimi fizice continue, și aceasta din cauza subtilității și complexității cauzelor ce interacționează. Din punctul de vedere al celui ce lucrează efectiv, există puține dubii că aceasta era atitudinea lui Laplace. Ar fi însă o greșeală a accentua asupra întîietății acestei atitudini proprii celui ce lucrează efectiv, atitudine prezentă la Laplace precum și la alți astronomi și fizicieni, deoarece atitudinea teoretică potrivit căreia, printr-un efort suficient, se poate obține întotdeauna încă o cifră semnificativă, este prezentă implicit în mod constant în știința secolului al XIX-lea. Un fapt curios și interesant din punct de vedere conceptual este acela că mai nimeni nu a enunțat teza rezonabilă că toate acestea ar fi greșite, că există fluctuații aleatoare permanente și că însuși concep-

tul de valoare exactă nu are un înțeles clar. O excepție notabilă și importantă din punct de vedere filosofic a constituit-o C.S. Peirce (1891 și 1892).[2] Adoptarea de către o majoritate aproape copleșitoare de autori a ideii posibilității de a atinge certitudinea în știință pare, de pe pozițiile avantajate ale ultimei părți a secolului al XX-lea, naivă și lipsită de sprijinul atestării empirice. Dezvoltarea mecanicii statistice și a teoriei cinetice a gazelor a furnizat cadrul potrivit pentru ca opinii întemeiate ca aceea a lui Peirce să devină dominante, dar aceasta nu s-a întîmplat. Certitudinea privitoare la adevăratele valori ale unei mărimi continue reclamă o precizie infinită a măsurării, iar chestiunile litigioase legate de certitudine din fizica clasică includ, toate, asemenea cantități. Hegemonia teoriei asupra practicii se reflectă în credința că n-ar exista bariere în calea apropierii asimptotice de o atare precizie.

Dezvoltarea mecanicii cuantice în primele trei decenii ale secolului al XX-lea a acumulat împotriva acestei fantezii a certitudinii dovezi empirice îndeajuns de puternice pentru a o dizloca. S-a recunoscut, cu greu dar definitiv, că nu are sens a pretinde că orice mărime fizică continuă poate fi măsurată cu orice precizie simultan cu măsurarea altor mărimi fizice asociate. Astfel, în cadrul determinismului strict al lui Laplace, pentru a prevedea cursul determinist al eveni-

---

[2] După ce-l citează aprobator pe Epicur, Peirce spune: „Căci acum vedem clar faptul că funcția specială a ipotezei moleculare din fizică este aceea de a deschide intrarea pentru calculul probabilităților" (1892, p. 322). Cîteva pagini mai departe, Peirce spune următoarele cuvinte înțelepte despre erorile de observare sau măsurare: „Încearcă să verifici orice lege a naturii, și vei constata că, cu cît sînt mai precise observațiile tale, cu atît e mai sigur că ele vor indica existența unor abateri neregulate de la lege. Sîntem obișnuiți să atribuim aceste abateri unor erori de observare, și eu nu spun că facem o greșeală; însă de obicei nu putem da seama de aceste erori în nici un mod care să fie dinainte probabil. Urmărește cauzele lor destul de departe în trecut, și vei fi silit să admiți că ele se datorează totdeauna unei determinări arbitrare sau unei întîmplări" (1892, p. 329).

mentelor, cerem măsurări exacte simultane ale poziției și impulsului fiecărei particule. Ceea ce arată însă faptele fundamentale ale mecanicii cuantice este tocmai că această măsurare precisă a poziției și impulsului simultan nu este posibilă, și, lucrul cel mai important, ea nu este posibilă în principiu. Incapacitatea de a face măsurători exacte nu se datorează inadecvării tehnologice a echipamentului de măsurare; ea provine mai curînd din principiul fundamental al incertitudinii enunțat de Heisenberg cu o jumătate de secol în urmă.

Înainte de a trece la principiul incertitudinii, trebuie făcută o remarcă privitor la relația dintre măsurarea inexactă și enunțurile calitative aparent certe. Examinez această chestiune mai îndeaproape spre sfîrșitul capitolului, dar aici vreau să menționez că nu am nimic de reproșat utilizării comune a cuvîntului „cert" și a celorlaltor forme ale lui din vorbirea curentă, cum ar fi de exemplu cea care apare atunci cînd spun „Bineînțeles, este cert că Abraham Lincoln a fost cîndva președinte al Statelor Unite" sau oricare dintre celelalte exemple standard de *certitude morale* formulate de Euler [3]. Ceea ce vreau să spun este numai că, atunci cînd se ajunge la cunoașterea cantitativă și detaliată, căutarea certitudinii este destinată să fie zădărnicită în principiu. Nu voi spune mai mult acum — dezvolt ulterior acest subiect —, dar merită subliniat faptul că nu intenționez să afirm existența unei aplicații directe a principiului incertitudinii al lui Heisenberg la enunțurile calitative ce afirmă certitudini, enunțuri atît de frecvente în discursul comun. Principiile mecanicii cuantice nu pot fi folosite pentru a dovedi chiar atît de multe lucruri privitor la experiența comună și la caracterul incorect al vorbirii comune pe cît ar dori unii. Pe de altă parte, căutarea filosofică a certitudinii intră în mod necesar în

[3] A se compara cu următorul pasaj din Wittgenstein (1969, p. 6): „Certitudinea este, *ca să zic așa*, un ton al vocii pe care îl folosești atunci cînd declari cum stau lucrurile, dar nu deduci cum stau lucrurile din propria certitudine".

conflict cu trăsăturile esențiale ale celei mai importante teorii științifice din secolul al XX-lea. Dacă, în spiritul marii tradiții a lui Aristotel, Descartes și Kant, vrem să întemeiem cunoașterea lumii fizice pe o teorie detaliată, atunci tipul de certitudine solicitat în primul rînd de Descartes este greșit. Pe de altă parte, dacă privim pe Descartes și pe alți filosofi dintr-un punct de vedere psihologic, nu din acela al cunoașterii noastre cantitative asupra lumii fizice, ne lovim de o mulțime de dificultăți asemănătoare. Cu cît intrăm în mai multe detalii în cadrul efortului nostru fenomenologic către certitudine, cu atît certitudinea se îndepărtează în fața noastră. Dar a explora mai detaliat aceste chestiuni psihologice ar însemna a face o digresiune.

Principiul incertitudinii al lui Heisenberg

Chiar dacă voi argumenta că principiul incertitudinii al lui Heisenberg este congruent cu experiența simțului comun, înțelesul lui merită să fie examinat ceva mai atent, deoarece el reprezintă o atît de mare îndepărtare conceptuală de fizica clasică. Există mai multe modalități diferite de enunțare a principiului, dar cea mai ușor de explicat este, poate, aceea care spune că perechi de variabile conjugate, cum sînt, de exemplu, poziția și impulsul trebuie să se caracterizeze printr-un produs al variațelor mai mare decît o anume constantă pozitivă. Prin *variație* înțeleg variația repartiției de probabilitate, și astfel cer implicit prin această formulare ca variabilele fizice considerate să fie variabile aleatoare în sensul teoriei probabilităților. (O variabilă aleatoare este o funcție — măsurabilă — definită pe un cîmp de evenimente necunoscut și care ia valori pe mulțimea numerelor reale.) Repartiția unei variabile aleatoare nu este altceva decît repartiția de probabilitate, care ne arată, pentru fiecare număr real, probabilitatea ca variabila aleatoare să aibă o

valoare egală cu sau mai mare decît acel număr real. În cele mai multe lucrări de teoria probabilităților, obiectele de studiu sînt variabilele aleatoare și nu cîmpurile de evenimente, iar noi putem considera variabilele noastre fizice, bunăoară poziția și impulsul, ca fiind astfel de variabile aleatoare. Problema fiind pusă în acești termeni, ceea ce arată principiul incertitudinii al lui Heisenberg este că repartiția poziției și impulsului nu poate fi adusă la un grad oricît de mare de precizie, nici ridicată pînă la un maxim reprezentînd valoarea „adevărată".

Mai multe aspecte ale principiului incertitudinii sînt surprinzătoare din punctul de vedere al modului obișnuit de utilizare a ideilor probabiliste în alte domenii ale științei. Examinarea mai detaliată a principiului ne va furniza o percepție mai profundă a noului mod în care mecanica cuantică s-a distanțat de certitudine și, după părerea mea, a readus astfel chestiunile de ordin științific mai aproape de cadrul conceptual al experienței comune, oricît de paradoxal ar părea acest lucru atunci cînd este gîndit în lumina istoriei fizicii clasice.

Primul lucru care trebuie reținut relativ la principiul incertitudinii este că, privit pur și simplu ca enunț despre repartiția de probabilitate a două cantități sau variabile fizice, el n-ar trebui să pară surprinzător. Să considerăm, de exemplu, situația comparativă a măsurării înălțimii și greutății populației actuale a Statelor Unite. Intuitiv, ne așteptăm la variații în înălțime și greutate la membrii populației, iar constatarea acestei variații nu are nici o legătură cu concepția noastră despre certitudine. Știm că repartițiile medii ale înălțimii și greutății populației americane vor înregistra variații sau abateri standard, astfel că produsele lor vor fi mai mari decît o constantă pozitivă foarte mare.

Totuși, în cazul mecanicii cuantice deosebirea este că asemenea variații se constată la particule „identice" supuse unor pregătiri experimentale „identice". Aici funcționează două criterii de

identitate. Unul se referă la aparatura experimentală macroscopică, și spune că aparatul nu se schimbă atunci cînd trec prin el particule diferite. Al doilea criteriu de identitate este acela că, atunci cînd particulele sînt pregătite pentru a trece prin aparatul de măsură, unica deosebire dintre particule este cea de identitate numerică. De exemplu, dacă doi electroni sînt trecuți prin aparat, se presupune că acești electroni au aceeași masă și sarcină, între ei neexistînd de fapt nici o deosebire fizică în afara celei de identitate numerică. Distanțarea de certitudine exprimată în principiul incertitudinii al lui Heisenberg se produce în acest cadru în care unica deosebire este aceea de identitate numerică. Din punct de vedere determinist, ne-am aștepta la exact aceleași fenomene în cazul repetării experimentului, adică în cazul trecerii unor particule succesive prin aparat, dar acest lucru nu se întîmplă.

Subliniez din nou că dacă adoptăm un punct de vedere propriu simțului comun rezultatele nu sînt deloc surprinzătoare. Cînd măsurăm caracteristicile populației dintr-o anumită țară, cînd urmărim an de an producția agricolă a unei suprafețe de teren sau cînd, în fond, măsurăm orice variabilă obișnuită, constatăm variații ale valorilor de la un caz la altul sau de la un loc la altul. Bineînțeles, noi explicăm aceste variații pe baza presupunerii că există anumite trăsături sau proprietăți care diferă în cele două situații. Este, totuși, important de reținut că, chiar și atunci cînd avem un fel de explicație „prin origine" — pe baza principiului rațiunii suficiente, deosebirea se datorează deosebirii unor trăsături —, în experiența comună nu ne angajăm în căutarea originii acestei deosebiri, acceptînd-o pur și simplu ca pe un fapt de viață. Aceasta este într-adevăr teoria întîmplării pe care Hume o identifică cu teoria populară.

Merită de asemenea să se rețină că există variații considerabile ale atitudinii față de explicarea deosebirilor dintre fenomenele similare ce apar în experiența comună. De exemplu, dacă producția

de grîu de pe un lot variază mult de la un an la altul, se va încerca explicarea variației respective prin intermediul acțiunii climei. Pe de altă parte, dacă observăm trei descendenți ai unui bărbat și ai unei femei, remarcînd variațiile fizice dintre cei trei, nu încercăm de obicei să explicăm în vreun mod subtil originea deosebirilor. Eu aș susține, de fapt, că folosim aici ceva apropiat de o „teorie populară despre întîmplare". Dacă am întreba diverse persoane cum își explică variațiile existente la copii cu părinți comuni, în multe cazuri am obține remarci despre combinația aleatoare a genelor, chiar dacă persoanele ce dau acest răspuns nu au o bună înțelegere a teoriei actuale detaliate asupra modului în care se combină genele pentru a determina trăsăturile ereditare. Vreau să spun, cu alte cuvinte, că extinderea determinismului strict la experiența comună este o extindere nejustificată din punct de vedere filosofic, noi avînd deja în însăși țesătura vorbirii comune anumite distincții implicite relativ la ce anume poate și ce anume nu poate primi o explicație mai profundă.

Cu aceste exemple comune în minte, este ușor de înțeles din punct de vedere conceptual de ce s-au căutat parametri ascunși în cazul fenomenelor mecanicii cuantice. Dacă electronii, care sînt identici exceptînd aspectul identității numerice, sînt trecuți prin același aparat și se obțin rezultate diferite, atunci trebuie să existe parametri cauzali ascunși care explică aceste deosebiri. Nu voi mai enumera lucrările recente despre parametri ascunși, menționate deja în capitolul 2. Obiectivul acelei analize era susținerea tezei că efortul de a găsi o teorie adecvată a parametrilor ascunși este considerat actualmente eșuat. Sîntem confruntați cu necesitatea admiterii unei atitudini diferite față de certitudine, atitudine reflectată, susțin eu, în alte părți ale experienței comune decît cele care au condus în mod firesc la extinderea determinismului strict. Astfel, sîntem acum în situația de a afirma că particule care sînt identice, exceptînd aspectul identității numerice, se com-

portă diferit în interacțiune cu aparatele de măsură; în același timp, avem un argument împotriva determinismului strict, cauzalității stricte și certitudinii stricte.

Am încercat în discuția de pînă acum să prezint principiul incertitudinii ca reprezentînd o extindere oarecum firească a experienței comune, dar o extindere care apucă pe alt drum decît cel pe care a mers în trecut fizica clasică. Constatarea unor variații face parte din experiența comună în aceeași măsură, susțin eu, ca și constatarea uniformității în împrejurări care inițial par identice. Am dat ca exemplu copiii din aceiași părinți și productivitatea unor terenuri învecinate însămînțate în același mod. Această experiență a variației ce apare în împrejurări identice este cel puțin la fel de răspîndită ca și succesul în căutarea cauzelor ascunse.

Aș face însă o mare greșeală dacă aș încerca să vă conving că mecanica cuantică, la nivelul ei conceptual cel mai profund, reprezintă pur și simplu o reîntoarcere la simțul comun luminat, în special simțul comun luminat în ce privește fanteziile determinismului strict sau ale certitudinii stricte. Există în mecanica cuantică întorsături și cotituri conceptuale fundamental noi, și pe acestea aș dori să le descriu calitativ înainte de a reveni la relația lor cu simțul comun pentru a vedea dacă am putea încă o dată să întrunim elementele unui tablou consistent al atitudinii față de certitudine, parcurgînd tot drumul de la mecanica cuantică la vorbirea luminată dar facilă din punct de vedere științific, vorbire caracteristică, în cea mai mare parte a timpului, celor mai mulți dintre noi.

Mecanica cuantică și teoria clasică a probabilităților

Din punctul de vedere al metodologiei probabilităților și statisticii, metodologie care s-a dezvoltat începînd din secolul al XVIII-lea și pe care

în parte am descris-o, mai ales în capitolul 3, există un mod firesc de a formula problemele mecanicii cuantice dacă acceptăm principiul incertitudinii. Problema probabilistă firească rezidă, simplu, în cerința unei repartiții comune a variabilelor aleatoare care ne interesează — repartiția comună a poziției și impulsului, repartiția comună a spinului și poziției ș.a.m.d. Dacă punem problema în acest fel, apar pe dată două întrebări distincte. Prima: putem noi calcula efectiv aceste repartiții comune în cadrul mecanicii clasice obișnuite? Și a doua, mai mult sau mai puțin independentă de prima: putem noi porni de la zero și să formulăm teoria *de novo* ca teorie probabilistă cu repartiții adecvate ale variabilelor aleatoare care ne interesează? Dacă va fi ca teoria probabilităților să-și ocupe locul firesc și tradițional în mecanica cuantică, atunci se pare că va trebui ca răspunsurile la ambele întrebări să fie afirmative, chiar dacă detaliile constructive ale calculului se dovedesc dificile și împovărătoare.

Așa cum s-a dovedit, povestea este mai subtilă și mai interesantă. Dacă luăm în considerare media cantității corespunzătoare, putem calcula ce corespunde în mecanica cuantică clasică funcției caracteristice a repartiției comune. Apoi, prin metode matematice clasice, în particular metoda transformatei Fourier, putem obține ceea ce ar fi repartiția comună corespunzătoare funcției caracteristice. Din nefericire, este un fapt matematic binecunoscut că nu fiecare caracteristică generează o repartiție adecvată, astfel că atunci cînd calculăm , să zicem, funcția caracteristică a ceea ce ar fi repartiția comună a poziției și impulsului, se constată, prin transformata Fourier, că repartiția nu este adecvată. În multe cazuri, problema nu este deloc complicată și are o interpretare intuitivă simplă. Repartiția comună a probabilității, obținută bunăoară pentru poziție și impuls, nu va fi nonnegativă pentru toate regiunile spațiului și timpului. Și, bineînțeles, din punct de vedere conceptual nu avem nici o modalitate directă sau firească de interpretare a probabilităților

negative. Nu are nici un sens, în termenii conceptelor noastre standard, să spunem despre probabilitatea unui eveniment că este de $-1/4$.

Din păcate, dificultățile ce apar aici nu sînt ușor de evitat prin adoptarea celei de-a doua căi sugerate anterior, adică formulînd teoria *de novo* ca proces probabilistic adecvat. Asemenea încercări s-au dovedit nereușite — nereușite în sensul că ele nu s-au dovedit capabile să reproducă importantele fenomene caracteristice mecanicii cuantice și care constituie piatra de încercare a validității ei empirice.

Să examinăm, de aceea, mai detaliat aceste repartiții comune particulare care nu sînt repartiții de probabilitate adecvate, precum și viziunea mai amplă despre lumea fizică la care ne conduc ele.

În lucrările mai timpurii privind interpretarea probabilităților din mecanica cuantică ajunsesem la concluzia că interpretarea potrivită a repartițiilor comune neadecvate este aceea că nu sînt posibile nici un fel de măsurători comune. În această viziune, principiul incertitudinii al lui Heisenberg induce în eroare, deoarece el sugerează că putem avea măsurători comune, dar că rezultatele vor satisface relația de incertitudine așa cum este exprimată ea în produsul abaterilor sau variațelor standard ale celor două măsurători. Este de reținut modul destul de neobișnuit în care relația de incertitudine a lui Heisenberg primește o interpretare probabilistică autentică, chiar dacă nu există repartiții comune. Din repartițiile comune neadecvate obținem repartiții marginale adecvate pentru variabilele individuale. Dintr-un punct de vedere statistic sau probabilist obișnuit, trebuie subliniat caracterul insolit al acestei situații. Relația de incertitudine nu este niciodată tipul de relație care apare în mod firesc din analiza probabilistă a proceselor sau fenomenelor. Prima întrebare care s-ar pune ar fi cea referitoare la covarianța celor două variabile, mai exact întrebarea ar fi cum se leagă cele două variabile în termenii covarianței lor. Numai după multe căutări întreprinse în alte direcții s-ar putea

ajunge la o formulă exprimată în termenii produsului variantelor. Dintr-un punct de vedere statistic general, două variabile aleatoare ar putea satisface cerințele unei relații de incertitudine exprimate în termenii produsului variantelor și totuși să fie complet dependente una de cealaltă în plan determinist, adică atunci cînd este dată valoarea uneia am putea afla exact valoarea celeilalte. De exemplu, două variabile aleatoare repartizate identic pentru care există o dependență totală ar avea această relație deterministă una față de cealaltă.

Este, prin urmare, ușor de ajuns la argumentul că nu este posibilă nici o măsurare deoarece valorile precise ale poziției și impulsului nu pot fi desemnate simultan. În această viziune, nu se poate da măsurării comune o interpretare cu sens. Iată de ce, la o analiză mai atentă, înțelesul real al principiului incertitudinii este, pur și simplu, enunțul categoric că două variabile fizice nu pot fi măsurate simultan.

Eu am demonstrat că din această incapacitate de a face măsurători simultane, și, astfel, de a surprinde evenimente comune definite în termenii poziției și impulsului, obținem cel mai clar și mai direct argument în favoarea logicii neclasice a mecanicii cuantice. Să citățm formularea argumentului pe care l-am folosit anterior (Suppes, 1966 b):

> Premisa 1: *În contexte fizice sau empirice ce includ aplicarea teoriei probabilităților ca disciplină matematică, logica importantă, funcțională sau efectivă, este logica evenimentelor sau propozițiilor cărora li se atribuie probabilități, nu logica enunțurilor calitative sau intuitive referitoare la teoria formulată matematic.* (În aplicațiile clasice ale teoriei probabilităților, această logică a evenimentelor este o algebră booleeană de mulțimi.)
> Premisa 2: *Algebra evenimentelor trebuie să satisfacă cerința ca fiecărui eveniment sau element al algebrei să i se atribuie o probabilitate.*

Premisa 3: *În cazul mecanicii cuantice, pot fi atribuite probabilități unor evenimente cum ar fi poziția într-o anumită regiune sau impulsul între limite date, dar nu există neapărat probabilitatea conjuncției a două evenimente de acest fel.* Concluzie: *Logica funcțională sau efectivă în mecanica cuantică nu este una de tip clasic.*

Dată fiind această concluzie, logica mecanicii cuantice poate fi dezvoltată într-un mod constructiv, pozitiv, ajungîndu-se la o algebră de evenimente care nu este închisă față de intersecții și reuniuni arbitrare, deoarece, în general, conform premisei 3, asemenea evenimente nu sînt observabile. Există, totuși, o serie de motive pentru a trece foarte încet la adoptarea unei noi logici, în special a unei logici care este în mod clar mai slabă decît logica clasică. Cei care s-au precipitat să pledeze pentru introducerea în mecanica cuantică a unei logici neclasice de felul celei pe care tocmai am descris-o s-au făcut vinovați de o trecere rapidă prin zona incertitudinii către un tip nou de certitudine, și anume certitudinea incapacității de a face vreo măsurare. Or, de-a lungul drumului au existat destule indicatoare clare, apte să suscite îndoieli în legătură cu o trecere atît de rapidă prin acest teritoriu. Oricine a zăbovit cît de cît în domeniul istoriei fizicii își dă foarte bine seama că este important să existe încredere în intuițiile fizicienilor chiar atunci cînd lucrurile nu au primit încă o formă logică sau matematică șlefuită. În plus, oricine a ascultat o perioadă mai îndelungată discuțiile fizicienilor în jurul mecanicii cuantice înțelege cît de deosebite și de ezoterice sînt nu numai conceptele lor, dar și modurile în care utilizează și gîndesc ei aceste concepte. Pe de altă parte, nu se poate să nu fii impresionat de modul viguros prin care ei pot face ca această baterie de concepte să poarte asupra unei probleme fizice subtile și complexe. Fără discuție, mecanica cuantică este *Realizarea* intelectuală a secolului al XX-lea în științele

empirice și, poate, în întreaga știință, inclusiv matematica pură. Indicatorul care nu fusese luat în seamă nici în propria mea gîndire anterioară referitoare la aceste chestiuni era relația de incertitudine a lui Heisenberg.

Programul de revizuire constă în a examina mult mai detaliat trăsăturile probabiliste ale mecanicii cuantice. Rămîne valabil, cred, că se impune o revizuire a algebrei clasice a evenimentelor, dar ar fi interesant ca noua algebră să reflecte mai mult din trăsăturile specifice mecanicii cuantice decît fac algebrele booleene parțiale sau laticele parțial ortocomplementate arbitrare, principalele concurente actuale. Iată un exemplu simplu referitor la ceea ce vreau să spun. Dacă vom calcula repartițiile marginale de probabilitate fie ale poziției, fie ale impulsului, pentru starea de bază a unui oscilator armonic linear unidimensional, vom constata că fiecare dintre ele are repartiții normale sau gaussiene, iar pentru nivelele mai înalte de energie au repartiții ceva mai complexe dar continue și apropiate de normal. Chestiunea pe care vreau să o scot în relief este implicația tacită că fiecare dintre aceste repartiții marginale teoretice poate fi testată față de histograme empirice alcătuite din măsurări oricît de precise. Această precizie oricît de mare a măsurării variabilelor individuale pare nerealistă și în practică nu se reflectă în nici una din datele raportate realmente în literatura privitoare la experiment. Considerații similare se aplică unor variabile cum ar fi lungimea de undă sau frecvența, sugerînd o discuție asemănătoare privitoare la precizie.

Pentru a rezuma chestiunea: există în mod obișnuit o discrepanță conceptuală între rezultatele teoretice derivabile matematic din supoziții de bază privitoare la media unei cantități din mecanica cuantică și discuțiile empirice și neformale ale fizicienilor asupra relației de incertitudine a lui Heisenberg. Din punctul de vedere al teoriei probabilităților, în legătură cu conceptul de precizie a măsurătorii rămîne o ambiguitate

care nu a fost încă analizată adecvat. Se ascunde oare în fundal, încă neanalizată matematic, o familie de repartiții de probabilitate care pot înlocui binecunoscutele repartiții clasice și care au ca domeniu o mulțime de obiecte mai grosiere decît numerele reale?

Am zăbovit asupra acestui exemplu de incertitudine din mecanica cuantică, intrînd într-o anumită măsură în detalii, pentru a ilustra cît de profund este încastrat conceptul în știința fizică fundamentală și, prin urmare, cît de improbabil și neverosimil este să putem reveni vreodată la un concept de certitudine apropiat de cel asociat fizicii clasice și tradiției filosofice atît a empirismului britanic cît și a idealismului kantian.

Înțelesul enunțurilor de probabilitate

Deoarece pledoaria pentru certitudine a venit din altă direcție, și anume din partea adepților probabilității subiective, închei acest capitol examinînd mai atent înțelesul enunțurilor de probabilitate și afirmînd ceea ce consider a fi modul adecvat de a gîndi asupra lor în comparație cu enunțurile fizice despre masă etc. Într-un sens, scopul acestei secțiuni este de a găsi o cale de mijloc între teoriile pur subiective și cele pur obiective despre probabilitate, dar cele mai multe dintre subiectele tehnice care, în aceste chestiuni, divizează diversele școli de gîndire, nu vor fi discutate aici. Sînt mai preocupat să contest existența unei distincții nete între tezele subiective și cele obiective, deoarece în formă pură nici una dintre ele nu lasă incertitudinii un loc adecvat. Dacă susținem, cum face distinsul matematician și statistician italian Bruno de Finetti (1970/1974, p.x-xi), că probabilitatea este în întregime o chestiune subiectivă, atunci ne-am aștepta ca, măcar în cazurile ideale, să aflăm din experiență cum să eliminăm probabilitatea și considerațiile probabiliste, înlocuindu-le cu certitudini. Pînă la

urmă, rămînem oare cu tipurile probabiliste de enunțuri despre vreme, sănătatea viitoare și starea națiunii, sau trebuie să ne așteptăm ca acestea să conveargă către enunțuri obiective afirmînd certitudine? Să examinăm mai întîi felul în care sînt exprimate aceste lucruri în vorbirea comună. Și este înțelept să începem cu o distincție similară între aspectele subiective și obiective ale unor enunțuri care nu se referă la probabilități, ci la alte proprietăți fizice. (Nu-mi prea place distincția plată „subiectiv-obiectiv", dar întrucît ea a fost folosită în literatură pe o scară atît de largă, voi continua pentru moment să o utilizez; pentru cadrul general al subiectelor discutate în această secțiune, vezi Stegmüller, 1973.)

Să presupunem că, într-o conversație ocazională cu un prieten, spun: „Un Chevrolet mic model 1980 cîntărește cam 2000—3000 de livre. De fapt, cred că are vreo 2800 de livre". Prima propoziție nu este formulată într-un mod care să facă absolut evidentă exprimarea unei atitudini propoziționale, dar împreună cu cea de-a doua propoziție, care, sub acest aspect, este explicită, ea capătă această calitate. Prietenul meu spune, la rîndul său: „Ei bine, cred că estimările tale sînt aproape corecte, dar, cum se întîmplă să am aici ceva literatură actuală, hai să privim datele". El ia un prospect care arată că un Chevrolet Citation, model 1980 cu două portiere și haion, are 2595 de livre. Și atunci spune: "Estimarea ta de 2800 livre nu a fost prea departe de adevăr".

Mi se pare că în legătură cu acest schimb ipotetic de replici sînt mai multe lucruri de spus — și, deși ipotetic, cred că e destul de tipic pentru discuțiile care au loc în mare parte din vorbirea comună. Întîi, noi nu vorbim îndeobște de credințe, ci de estimări. Există cazuri în care se spune „cred cutare lucru", dar este cel puțin tot atît de obișnuit și de firesc să se vorbească de estimări. Dar eu iau aceasta pur și simplu ca un mod de a arăta clar că cineva nu crede că

știe greutatea exactă. A doua chestiune este aceea că nu există realmente o cale facilă de a trasa în cadrul vorbirii comune o graniță netă între ce este subiectiv și ce este obiectiv, iar eu am suspiciuni în legătură cu distincția la acest nivel de discurs. În vorbirea comună nu facem distincție netă între cele două, tot așa cum nu se face distincție netă între raționamentul inductiv și cel deductiv.

În asemenea contexte, ca și în cele avînd un caracter mai apropiat de cel științific, distincția importantă este dacă avem sau nu de învățat mai mult din experiență, adică dacă credem sau nu că este disponibilă mai multă informație aptă să îmbunătățească estimările noastre despre greutate. Aici din nou trebuie făcută o distincție. Într-o mulțime de cazuri nu sîntem realmente satisfăcuți de estimările noastre, dar nu credem că ar fi disponibilă actualmente informația care să poată îmbunătăți o estimare actuală, în fond grosieră din punctul de vedere a ceea ce dorim într-adevăr să știm. De exemplu, să presupunem că aș dori să am o estimare a greutății lui Aristotel pe cînd avea 17 ani. Cred că există o șansă extrem de mică de a fi vreodată capabili să facem o estimare exactă în limita unui kilogram sau a una, două livre.

Pe de altă parte, în celălalt tip de cazuri, informația pe care o avem este absolut suficientă pentru scopurile imediate. Datele pe care le-am citat în legătură cu Chevrolet Citation 1980 sînt atît de precise pe cît ne-am putea dori. De fapt, nu este deloc clar dacă rafinarea estimării, pînă la o sutime de livră bunăoară, ar fi de vreun folos. Variațiile existente între mașini de același model ar fi mai mari decît această precizie, și nu-mi pot imagina, în contextul acelei discuții ipotetice anterioare, nici un scop pentru care date atît de rafinate să fie de vreun folos.

Distincția dintre a fi sau a nu fi mulțumit de estimările făcute pune, cred eu, baza pentru încă una. Cînd nu sîntem mulțumiți de o estimare,

putem să ne aflăm într-una din aceste două situații: în problema greutății tînărului Aristotel, faptul că informația potrivită nu ne este accesibilă este un simplu accident istoric. Printr-o întîmplare norocoasă, ar fi posibil să existe date pe care le-am putea găsi în vreun loc deocamdată necunoscut din Grecia și care ne-ar oferi o asemenea informație. Celălalt tip de caz este acela în care sîntem psihologic nesatisfăcuți de răspuns, dar avem o evidență științifică sistematică ce arată că nu este de așteptat ceva mai bun. Există o anumită formă de realism naiv privitor la obiecte — și subliniez cuvîntul *obiect* —, care pare să implice concepția că obiectele individuale au în lume o prezență fixă și rigidă. Conform acestei concepții, este o dezamăgire psihologică faptul că obiectele biologice, noi înșine de exemplu, nu au o greutate constantă. Nu are nici un sens a vorbi despre greutatea mea sau a ta cu o precizie mergînd pînă la ultimele amănunte, deoarece greutatea variază de la o zi la alta și chiar de la un moment la altul al zilei. A vorbi despre greutatea cuiva ca despre o cantitate bine definită înseamnă a recurge la un fel de ficțiune fizică. Bineînțeles, am putea încerca să vorbim despre greutatea instantanee dintr-un anumit moment al timpului, dar acesta nu este un concept interesant. Concepția romantică generată de realismul naiv privitor la obiecte este sortită dezamăgirii. Exemple mai subtile de obiecte fizice cu evidentă pierdere de molecule, pierdere reflectată în capacitatea noastră de a le detecta mirosul, arată că nu există o greutate constantă idealizată exprimată în termenii unui număr fix de molecule.

Modul nostru naiv de a gîndi tinde atît de firesc spre constante, încît ne vine greu să înțelegem ce mare fluctuație există în lumea reală, chiar în cazul a ceea ce noi considerăm a fi obiecte constante. De exemplu, atunci cînd reflectăm asupra celor mai elementare fapte fizice, recunoaștem cu toții că un obiect atît de proeminent ca Soarele are o masă care într-un moment dat

poate fi cunoscută doar în termenii cei mai grosieri. Înțelegem că este un nonsens a cere greutatea Soarelui pînă la ultimul gram, chiar și la un anumit moment.

Subliniez din nou că nu cred să existe o separație clară între caracterul subiectiv și cel obiectiv al enunțurilor despre greutate. Revenind la exemplul meu inițial, pot chiar să-mi închipui că se susține teza că primul enunț — „greutatea unui Chevrolet 1980 este între 2000 și 3000 de livre" — este un enunț „obiectiv", în timp ce a doua estimare, aceea a greutății exacte de circa 2800 de livre, este subiectivă. Ceea ce se petrece în acest exemplu se petrece adesea: putem face estimări-limită grosiere, care numai cu greu ar putea fi puse în discuție și după aceste estimări grosiere să venim cu estimări exacte, despre care atît vorbitorul cît și ascultătorul știu că nu sînt absolut exacte și deci sînt oarecum subiective, chiar dacă acest mod de a exprima lucrurile pare ciudat.

Trebuie să fie clar aspectul pe care îl vizez în cazul greutății sau al masei, aspect care se aplică și altor proprietăți fizice familiare. Nu există realmente o distincție metafizică puternică și interesantă între subiectiv și obiectiv, sau între credință și cunoaștere. Acest lucru este probabil destul de aproape de ceea ce spune de Finetti. Distincția importantă este aceea între o informație practic sau principial completă și una incompletă în legătură cu care există posibilitatea de a afla mai mult. În același spirit evit să fac distincție netă între propoziția epistemică și cea metafizică.

Aplicarea directă a acestor idei la probabilități mă conduce la o poziție divergentă față de aceea a lui de Finetti. Ceea ce am spus despre greutate sau masă, și implicit despre alte proprietăți fizice standard, se aplică și enunțurilor despre probabilități.

În primul rînd, există distincția dintre a avea informație completă sau incompletă, adică, exprimînd acum lucrurile în termeni probabiliști, între a avea sau nu informații suplimentare care,

fiind folosite de noi pentru a condiționa estimările, să modifice probabilitățile. Există aici un element pe care anterior nu l-am subliniat îndeajuns, și anume momentul temporal în care se fac aceste analize. Acest lucru este valabil în special pentru proprietățile evenimentelor în contrast cu proprietățile obiectelor. Există multe evenimente despre care pot afla după producerea lor mai multe lucruri decît aș fi putut afla în orice alt moment anterior producerii lor. De aceea, vorbind despre completitudinea informației este important să accentuăm asupra punctului temporal în care este analizată chestiunea.

Numeroase exemple din fizică ilustrează completitudinea informației combinată cu un reziduu de incertitudine. Anterior dezintegrării efective a unui atom radioactiv nu pot face nimic mai mult decît să fac predicții asupra dezintegrării lui conform cu o lege exponențială. Tot ceea ce poate face pentru mine experiența trecută este, pe de o parte, să mă ajute să identific natura atomului — de exemplu, este un atom de radiu sau de uraniu ș.a.m.d. — și, pe de altă parte, să-mi ofere o estimare extrem de exactă a singurului parametru al distribuției exponențiale care este caracteristic substanței respective. Dată fiind identificarea substanței în formă pură, pentru scopurile simplificate actuale, și fiind dat parametrul distribuției exponențiale anterior dezintegrării, nu se poate spune nimic mai mult. În termenii teoriei fizice actuale, completitudinea informației a fost atinsă. Diverse alte exemple de tip similar pot fi cu ușurință descrise pe baza considerațiilor din mecanica cuantică.

Cea de-a doua distincție se aplică probabilității în același mod în care se aplică greutății sau masei. Chestiunea se reduce la a fi sau nu satisfăcut de estimarea făcută. În cazul dezintegrării radioactive, avînd în vedere cele mai solide temeiuri teoretice actuale, informația poate fi completă, dar determiniștii intransigenți sînt nesatisfăcuți și dezamăgiți de caracteristicile lumii așa cum o găsesc

ei. Cum am mai spus și în alte contexte, confruntați cu dezintegrarea radioactivă, acești determiniști văd adevărul dar găsesc că el lipsește încă. Pe de altă parte, estimările de probabilitate, cum ar fi estimarea greutății unor obiecte voluminoase, pot fi brute și incomplete, și totuși să fie satisfăcătoare pentru scopurile imediate. De exemplu, în procesul luării deciziei de a zbura pe o anumită linie aeriană comercială nu se așteaptă estimarea cu trei cifre semnificative a probabilității prăbușirii avionului, ci doar informația care duce la aprecierea că probabilitatea prăbușirii este mică. Un exemplu și mai bun, de tip mai general, este decizia de a lua umbrela sau haina de ploaie cînd pleci de acasă. Nu te aștepți să ai o estimare realmente exactă a probabilității căderii unei ploi în următoarele șase ore. Experiența, tradiția și uzanțele ne-au obișnuit cu estimări făcute în mare, și nu ne așteptăm la mai mult, chiar dacă în principiu am fi gata să admitem că sînt dezirabile previziuni mai bune.

Există o pană filosofică pe care cineva ar putea încerca să o înfigă între cazul masei și acela al probabilității. Iată despre ce e vorba. S-ar putea susține că într-un număr foarte mare de cazuri probabiliste noi am descrie fenomenele în cauză drept deterministe iar caracterul incomplet al informației drept o chestiune doar de ordin practic. Dimpotrivă, s-ar putea spune, în cazul masei nimic nu corespunde idealului determiniștilor de a afla din experiență tot ce se poate afla. Nu accept ideea că această distincție ar fi una de importanță majoră, deoarece există o altă distincție care acționează în sens opus, reprezentînd o idealizare similară, dar exprimată în termenii masei mai curînd decît în cei ai probabilității și la care s-a făcut deja aluzie. Aceasta este presupunerea că multe obiecte au masa constantă în timp. Cu probabilitatea lucrurile nu se petrec la fel, căci de obicei vorbim de probabilitatea evenimentelor. Am putea, în spirit aristotelic, să acceptăm diferența făcută aici, anume aceea că

în cazul masei idealizarea este legată de constanța în timp, pe cînd în cazul probabilității idealizarea este legată de determinismul producerii evenimentului în condițiile unei informații complete. În mod sigur există o diferență, și eu o accept, dar și similaritatea este evidentă: idealizarea teoretică, utilă pentru scopurile orelor de fizică elementară, dar total nerealistă ca teorie despre lume și necesitînd modificări în multe aplicații subtile. Ceea ce m-a preocupat a fost să argumentez că enunțurile de probabilitate nu sînt, în fond, foarte diferite de alte enunțuri fizice. O componentă importantă a concepției pe care am încercat să o expun este legată de obiectivul de a face compatibil modul de a vedea enunțurile de probabilitate, ca enunțuri fizice, cu modul subiectiv de a vedea enunțurile de probabilitate ca expresii ale unor credințe.

Există, poate, și o altă remarcă ce trebuie făcută în legătură cu motivele deosebirii dintre mine și de Finetti. Citind faimoasa monografie a lui de Finetti (1937), ești izbit de proporția în care el pare să fi fost impulsionat de puternice vederi pozitiviste și operaționaliste. El citează aprobator, bunăoară, pe fizicanul american Percy Bridgman, faimos mai demult pentru abordarea sa operațională relativ la înțelesul conceptelor. Asemenea vederi pozitiviste și-au trăit traiul și nu mai dețin o poziție prea importantă în filosofiile actuale ale științei — și aceasta pe bună dreptate. Cu greu poți găsi pe cineva care să fi avansat o mulțime mai încurcată de idei despre conceptele fizice decît Bridgman. Acesta este un aspect al gîndirii din trecut a lui de Finetti pe care îl consider greșit și la care sînt silit să ridic obiecții. Acest puternic conținut pozitivist a viciat insistența sa asupra caracterului pur subiectiv al tuturor enunțurilor de probabilitate. Căutarea unei interpretări strict operaționale a înțelesului enunțurilor de probabilitate l-a abătut pe un drum greșit.

Într-adevăr, de năzuința către certitudine nu a fost ușor să scăpăm. Tipurile de considerații

probabiliste pe care le-am introdus sînt folosite uneori pentru a avansa argumentul că, deşi ne-a scăpat la primul nivel al cunoaşterii empirice a evenimentelor individuale, certitudinea revine la nivelul secund al cunoaşterii exacte a repartiţiei de probabilitate pentru producerea evenimentelor. Întrucît această temă e legată de caracterizarea raţionalităţii credinţei şi a comportamentului, amîn examinarea ei mai profundă pînă în capitolul final.

Închei acest capitol cu următoarea teză: *Certitudinea cunoaşterii — fie în sensul de nemijlocire psihologică, fie în cel de adevăr logic sau de precizie completă a măsurărilor — este de neatins.* Revine unui empirism complet dezvoltat responsabilitatea de a include un concept adecvat de incertitudine la cel mai adînc nivel al analizei teoretice şi metodologice. Metodele probabiliste oferă o cale firească pentru a face acest lucru.

5

INCOMPLETITUDINEA

Doctrinele explicite ale determinismului strict, cauzalității determinante stricte și certitudinii asimptotice a cunoașterii sînt însoțite de obicei de o doctrină a completitudinii care se aplică cunoașterii și științei. Această concepție este reliefată prin postulate cum ar fi cel referitor la uniformitatea naturii. (Cea mai frumoasă analiză a acestui principiu se găsește în lucrarea lui John Stuart Mill *Un sistem de logică*, ediția a 8-a, 1939.) Desigur, în multe situații există impedimente în calea unei cunoașteri complete, dar aceste impedimente — se susține — au numai un caracter practic, neexistînd la nivel principial. Cînd se admite o teză tare a determinismului strict, cum este aceea a lui Laplace, conceptul de completitudine pare oțios, pentru că printr-o specificare detaliată a configurației actuale a particulelor fundamentale din Univers poate fi determinat întregul trecut și viitor al Universului, completitudinea cunoașterii urmînd automat de aici.

În contrast cu aceasta, cauzalitatea strictă interpretată în sens restrîns nu implică o asemenea completitudine. De exemplu, dacă nu se cere cauzei determinante a unui eveniment să posede contiguitate în spațiu și timp, fiind posibil ca ea să acționeze la distanță, ca în cazul gravitației sau al teoriilor acțiunii la distanță pentru fenomenele electromagnetice, atunci completitudinea poate să nu urmeze din cauzalitatea strictă, deoarece am putea fi prinși într-un potențial regres

la infinit. Astfel, pentru a găsi cauza pe deplin determinantă a unui eveniment dat, trebuie să întreprindem o căutare nelimitată în timpul trecut și în spațiul exterior. Incompletitudinea oricărui sistem fizic finit dat ar fi atunci compatibilă cu cauzalitatea strictă în sensul că incompletitudinea ar decurge din caracterul nelimitat în spațiu și timp al conexiunilor cauzale. Pe de altă parte, dacă adăugăm doctrinei cauzalității stricte doctrina contiguității în spațiu și timp pentru cauzele determinante, atunci ne aflăm mai aproape de o doctrină implicită a completitudinii.

Lucrurile interesante care pot fi spuse în legătură cu completitudinea nu se împletesc cu elementele doctrinelor generale ale determinismului strict sau ale cauzalității stricte, ci mai curînd cu teme mai locale din discipline particulare și cu caracterul lor individual, cum voi încerca să arăt mai încolo. Chiar dacă avem o tendință filosofică de a afirma teze cosmologice generale și profunde despre determinism, este clar că în practică teoriile noastre sînt mai limitate și mai parțiale. Și totuși, sforțarea de a ajunge la completitudine poate fi înșelătoare și zadarnică. Ca și în cazurile determinismului, cauzalității stricte și certitudinii, orientarea către completitudine caracteristică atît de multor tipuri diferite de investigații din științe și matematică este încă o reminiscență a metafizicii neotradiționale, a ceea ce rămîne din ruinele gîndirii străvechi, în special din fantezia unui dumnezeu omniscient și omnipotent. Tendința naivă este de a ținti pe dată la completitudine și de a fi descurajat de incapacitatea de a realiza acest lucru. Atitudinea adecvată a empirismului, așa cum îl înțeleg eu, este aceea de a se aștepta la incompletitudine și de a fi surprins de contrariu. Un empirism subtil trebuie să investigheze limitele completitudinii, încercînd să înțeleagă de ce concepțiile individuale naive despre ea nu rezistă la o examinare detaliată.

Examinez în acest capitol o serie de cazuri individuale avînd importanță conceptuală, cazuri în care năzuința inițială către completitudine a fost definitiv sancționată ca fiind de nesusținut fie pe temeiuri conceptuale, fie pe temeiuri empirice. Încep cu logica și matematica, trecînd apoi la științele empirice și făcînd cîteva considerații de ordin istoric asupra concepțiilor lui Descartes, Kant și Laplace.

Completitudinea logică

Unica sferă a experienței în care a fost dezvoltată o teorie realmente satisfăcătoare a completitudinii este aceea a logicii. Faptele sînt prea familiare pentru a necesita o reluare detaliată. Rezultatul fundamental este teorema completitudinii a lui Gödel, conform căreia în logica de ordinul I o formulă este universal validă dacă și numai dacă este logic demonstrabilă. Astfel, aparatul nostru de derivare logică este adecvat sarcinii de derivare a oricărei formule logice valide, adică a oricărui adevăr logic. Ceea ce avem în logica de ordinul I este o fericită potrivire între sintaxă și semantică.

Mai general, sensul logic modern al completitudinii pentru teoriile cu formalizare standard, adică teoriile formalizate în cadrul logicii de ordinul I, furnizează un concept precis și bine definit care nu exista în trecut. În acest context, caracterizarea completitudinii este următoarea: o teorie este completă dacă și numai dacă fiecare propoziție a teoriei este validă în cadrul teoriei sau inconsistentă cu teoria, cu alte cuvinte negația ei este validă în teorie.

Totuși, nici chiar în cazul logicii elementare sensul ultim al completitudinii nu este atins: nu avem o procedură de decizie pentru a determina dacă o formulă este logic adevărată sau nu. Avem numai rezultatul de completitudine recursiv enumerabil, dar nu și o procedură de

decizie recursivă pentru adevărul logic. Desigur, pentru clase speciale de teorii se pot găsi proceduri recursive care dau forma pe deplin satisfăcătoare a completitudinii, de exemplu procedura de decizie a lui Tarski pentru algebra și geometria elementară (1951).

Incompletitudinea aritmeticii

Pe de altă parte, cel mai faimos rezultat de incompletitudine apare la un nivel elementar, și anume la nivelul aritmeticii sau al teoriei elementare a numerelor. În termeni conceptuali generali, rezultatul lui Gödel arată că incompletitudinea va fi caracteristică oricărei teorii matematice relativ bogate ale cărei resurse deductive sînt cele ale logicii clasice. Un exemplu mult mai vechi, tot atît de important din punct de vedere istoric, este următorul rezultat de incompletitudine.

Incompletitudinea în geometrie

Cele trei probleme clasice de construcție pe care grecii antici nu le-au putut rezolva cu mijloace elementare (utilizînd numai rigla și compasul) sînt: împărțirea unui unghi în trei părți, dublarea unui cub și cvadratura cercului, adică găsirea unui pătrat cu aria egală cu aceea a unui cerc dat. Abia în secolul al XIX-lea s-a arătat că aceste construcții sînt imposibil de realizat cu mijloace elementare, stabilindu-se astfel un rezultat de incompletitudine important din punct de vedere conceptual pentru geometria elementară.

Un sens înrudit și important al incompletitudinii în geometrie a fost de asemenea stabilit în secolul al XIX-lea. Este vorba de demonstrația că postulatul paralelelor nu poate fi derivat din alte postulate și că pot fi construite geometrii neeuclidiene de un tip pe deplin consistent. Acest

ultim sens al incompletitudinii geometriei mă conduce la exemplul următor.

Incompletitudinea teoriei mulțimilor

În ultima parte a secolului al XIX-lea, pe baza activității lui Frege într-o direcție și a lui Cantor în alta, se părea că teoria mulțimilor sau a claselor este cadrul natural în care trebuie să fie construit tot restul matematicii. Principiul abstracției al lui Frege, conform căruia pentru orice proprietate există o mulțime de elemente care au acea proprietate, împreună cu principiul extensionalității, păreau să ofere aritmeticii o bază completă. Pentru obținerea părților neconstructive ale analizei matematice mai trebuia adăugată numai axioma alegerii sau vreun alt principiu similar. Paradoxul lui Russell a zădărnicit aceste speranțe, iar descoperirea paradoxelor suplimentare de către Burali-Forti și alții a indicat că nu se poate obține cu ușurință nici o fundare completă simplă a matematicii. Vorbind în termenii noțiunii intuitive de incompletitudine, a reieșit categoric că un principiu complet al abstracției pentru mulțimi duce pe dată la contradicție.

Cercetări din secolul al XX-lea asupra fundamentelor teoriei mulțimilor, unele absolut recente, au relevat că în această teorie există un sens încă și mai profund al incompletitudinii. Ipoteza continuumului și axioma alegerii sînt independente de alte principii ale teoriei mulțimilor și, la fel ca în cazul geometriei, pot fi construite o diversitate de teorii ale mulțimilor. Rezultatele acestor investigații diverse asupra fundamentelor matematicii arată fără echivoc că speranța într-o fundare completă simplă a matematicii dincolo de cea a logicii elementare nu pare să se poată realiza.

În pofida acestor rezultate din fundamentele matematicii, care merg de la aritmetică la analiză

trecînd prin geometrie și teoria mulțimilor, mare parte din ele fiind clasice și cunoscute de mult, a persistat o năzuință naivă către completitudine în teoriile științelor empirice, năzuință care, în lumina rezultatelor meticuloase obținute în domenii strîns înrudite ale matematicii, pare complet nejustificată. Această înclinație teologică spre completitudine nu este ușor de schimbat. Decît să mă concentrez asupra unor exemple clasice și familiare din fundamentele matematicii, prefer să examinez cîteva cazuri științifice de interes conceptual. O filosofie empiristă adecvată trebuie să aibă o atitudine realistă față de completitudine, nelăsîndu-se ademenită într-o căutare a imposibilului.

În spatele analizei logice și matematice bine definite a completitudinii stă o lungă istorie cuprinzînd discuții din fizică, discuții formulate mai puțin precis dar avînd un conținut intuitiv similar. Tocmai aceste concepții vor face acum obiectul examinării mele.

Fizica lui Descartes

Un loc potrivit pentru a începe urmărirea problemei completitudinii în fizică este lucrarea lui Descartes *Principia philosophiae*, menționată deja în capitolul 2. Partea I se ocupă de principiile generale ale cunoașterii umane, și nu este examinată aici. În partea II-a sfera se îngustează, pentru a cuprinde principiile lucrurilor materiale care pot fi cunoscute clar și distinct. În această parte sînt stabilite un mare număr de propoziții generale privind natura corpurilor, nonexistența atomilor, legile mișcării etc. În general, această parte este destinată să conțină primele principii sau legi ale naturii. Partea a III-a este intitulată „Despre lumea vizibilă" și se ocupă în principal cu ceea ce azi considerăm a fi subiectul de studiu al astronomiei și astrofizicii. În partea a IV-a, „Despre pămînt", Descartes se ocupă de princi-

palele fenomene de pe pămînt: natura focului, apei, aerului, pămîntului, căldurii, gravitației, luminii și magnetismului. După cum se știe prea bine, Descartes încearcă să descrie și să explice lumea fizică exclusiv în termenii întinderii și mișcării. Caracteristica fundamentală a materiei sau corpurilor este întinderea (I, § 53; II, § 4), deoarece proprietatea întinderii este unica idee clară și distinctă pe care o putem avea despre un corp (I, § 54, § 63; II, § 1). Întreaga varietate și diversitate a materiei trebuie explicată prin mișcare (II, § 23), care, în contrast cu vederile lui Aristotel și ale scolasticilor, este mișcare strict locală.

Ceea ce este interesant aici este distincția epistemologică fundamentală dintre enunțurile părții a II-a și cele ale părții a III-a, dar înainte de a intra în detaliile acestei distincții, trebuie clarificată o problemă preliminară. Descartes face în teoria sa distincție precisă între aserțiunile *a priori* și cele *a posteriori*, dar distincția similară dintre analitic și sintetic nu este explicită. El enunță un mare număr de principii *a priori*. Problema este: sînt ele destinate a fi analitice sau sintetice ? Ayer (1946, p. 46), bunăoară, le-a folosit ca exemple de enunțuri analitice, și există temeiuri pentru a susține că enunțul contrar unui principiu îndeajuns de clar și de distinct este auto-contradictoriu.

Regula XIV din *Regulae ad Directionem Ingenii* conține un pasaj interesant, în care Descartes distinge între enunțuri ca „Pierre este bogat" și „un corp are întindere". În primul, spune el, există două idei distincte, pe cînd în celălalt numai una. Aceasta seamănă cu analiza făcută de Kant enunțului „toate corpurile au întindere" ca enunț analitic. Pe de altă parte, în *Meditații*, mai ales într-a doua și a patra, unde Descartes discută ideile clare și distincte împreună cu adevărul și falsul, nu există nici o sugestie a faptului că el ar considera autocontradictorie negația unui enunț care conține doar idei clare și distincte.

Aceasta este general valabil și pentru multe referiri la ideile clare și distincte care se fac în partea I din *Principia*. În mod cert, demonstrațiile făcute aserțiunilor *a priori* în partea a II-a folosesc enunțuri care nu par analitice în nici un sens obișnuit al cuvîntului. De exemplu, propoziția „cantitatea de mișcare din lume se conservă" decurge logic din natura lui Dumnezeu și din modul Lui simplu și invariant de a acționa. Esențialul este că principiile din partea a II-a sînt *a priori*. Dacă ele sînt sintetice sau analitice este, în termenii distincțiilor trasate clar în secolul al XVII-lea, aproape o chestiune anacronică.

Ceea ce este important este faptul că lista principiilor generale ale lucrurilor materiale enunțate în partea a II-a, principii destinate toate a avea caracter aprioric, este surprinzător de cuprinzătoare. Natura corpurilor este întinderea. Vidul nu este posibil în natură. În natură nu există atomi indivizibili. Întinderea lumii este nelimitată. Pămîntul și stelele sînt făcute din aceeași materie. Sînt stabilite trei legi ale naturii referitoare la mișcare, dintre care una este legea inerției. Se dau șapte reguli pentru determinarea mișcării corpurilor care se ciocnesc. Se explică natura corpurilor solide și lichide. Pentru validarea acestor numeroase principii nu se cere nici un apel la experiență. De fapt, trebuie să avem grijă să nu fim înșelați de simțuri, căci „percepțiile simțurilor nu ne învață ce există cu adevărat în lucruri, ci numai ce au ele folositor sau vătămător pentru natura complexă a omului" (II, § 3). Procedura este aceea de „a te bizui numai pe intelect, meditînd atent la ideile sădite în el de natură" (II, § 3). Rezultatele părții a II-a se bazează pe idei clare și distincte, și ca urmare sînt certe [1]. Nici o mărturie a simțurilor noastre nu poate fi folosită pentru a le combate; nu se

[1] Conform regulilor II și IX din *Regulae ad Directionem Ingenii* și primei și celei de a doua meditații.

poate realiza nici un experiment care să le respingă[2]. În ultimul paragraf (§ 64) al acestei părți se declară că în fizica autorului nu a fost admis nici un principiu care să nu poată fi folosit și în matematică și geometrie. Principiile pe care le-am enumerat sînt concepute de Descartes ca fiind legate prin intermediul unui set complicat de demonstrații. Ele nu sînt considerate independente, dar a descifra dependențele lor deductive, așa cum au fost ele preconizate de Descartes și cum sînt evaluate în mod obiectiv, precum și a le examina aici este o chestiune mult prea complicată și subtilă. În mod sigur însă, aici nu există o rigoare a dezvoltărilor comparabilă în vreun sens cu aceea din *Geometria* lui Descartes (1637/1954), unul dintre cele mai importante tratate matematice ale secolului al XVII-lea.

Atunci cînd, în partea a III-a, trece la examinarea lumii vizibile, Descartes admite că deducția pură ce pleacă de la anumite principii dezvoltate în partea a II-a nu este suficientă pentru a da seama de fenomenele reale ale experienței, bunăoară mișcările cerești. Mai concret, în paragraful 4 din partea a III-a, el admite că principiile din partea a II-a sînt necesare dar nu suficiente pentru a da seama de aceste fenomene, deoarece din aceste principii generale se pot deduce mult mai multe lucruri decît cele ce pot fi văzute în lume sau chiar gîndite într-o viață de om. Luarea explicită în considerare a fenomenelor sau experimentelor, o trecere de la raționalismul pur la

---

[2] *Principia*, III, § 4. „Aș putea stabili aici încă multe reguli ... Astfel că cei ce vor ști să examineze îndeajuns urmările acestor adevăruri și ale regulilor noastre vor putea cunoaște efectele după cauzele lor și, pentru a mă explica în termeni didactici, vor putea avea demonstrații *a priori* cu privire la tot ce s-ar putea produce în această lume nouă". (*Lumea*, cap. VIII. *Oeuvres des Descartes*, ediția Cousin, vol. 4, p. 262—263, Paris, 1824). „Demonstrații *a priori*" este expresia scolastică pentru demonstrații făcute prin deducție logică pornind de la premise. Tocmai pornind de la acești termeni scolastici și-a dezvoltat Kant propriile idei despre sinteticul *a priori*.

un empirism cel puțin parțial este astfel necesară pentru a da seama de detaliile din lumea naturală[3]. Nu putem afla prin intermediul rațiunii pure nici mărimea părților în care este divizată materia, nici viteza lor, nici traiectoriile. Aceste lucruri puteau fi prescrise de Dumnezeu într-un număr infinit de moduri: sistemul principiilor *a priori* este necategoric. Numai prin experiență, prin investigarea empirică a lumii le putem cunoaște. Pentru a explica lumea așa cum ne apare ea acum, sîntem liberi să facem tot felul de ipoteze privind modul în care Dumnezeu a rînduit inițial diversele părți. Fiecărei ipoteze de acest fel îi cerem doar ca toate consecințele ei să fie în acord cu experiența noastră (III, § 46). De fapt, datorită unui adevăr revelat al religiei, bunăoară, putem ști că ipotezele noastre sînt false, dar aceasta nu le împiedică să fie utile. Ele pot funcționa ca și cum ar fi adevărate, pentru a îngădui rînduielii cauzelor naturale să producă efecte dorite (III, § 44, § 47).

Astfel, forma cea mai strictă a completitudinii, completitudinea rațională, cu siguranță că nu face parte din sistemul cartezian al lumii. Descartes este explicit în ce privește faptul că principiile *a priori* generale din partea a II-a, obținute prin examinarea ideilor clare și distincte, nu pot fi extinse astfel încît să dea seama de toate fenomenele fizice. În plus, deși el nu discută explicit problema completitudinii, pare corect să deducem, din ceea ce spune în paragraful 46 al părții a III-a, privitor la capacitatea lui Dumnezeu de a porunci rînduirea componentelor elementare ale lumii într-o infinitate de moduri diferite, că el nu propune nici o teză tare de completitudine. Numai prin experiență putem determina relația reală dintre părți, și pare corect să susținem că în loc de a găsi la Descartes o teză de completitudine

[3] Vezi penultimul paragraf al prefeței la *Principia*. (Această prefață a fost scrisă de Descartes mai întîi pentru ediția franțuzească din 1647, dar a apărut și în edițiile latinești ce au urmat.)

găsim doar teza că anumite principii majore ale fizicii pot fi stabilite pe temeiuri *a priori*. Deși pretindea că aduce în fizică un spirit geometric și că subliniază importanța geometriei pentru fizică, Descartes nu a fost atît de îndrăzneț încît să revendice pentru fizică tipul de completitudine care era caracteristic geometriei. De fapt, prima propoziție din cartea I a *Geometriei* face o afirmație implicită de completitudine pentru geometria analitică a lui Descartes. „Orice problemă de geometrie poate fi redusă cu ușurință la astfel de termeni încît pentru rezolvarea ei să nu fie nevoie decît de cunoașterea lungimii anumitor linii drepte". Celebra teoremă a lui Abel (1829) conform căreia ecuațiile algebrice generale de gradul cinci sînt insolubile dovedește că pînă și această afirmație restrînsă de completitudine a geometriei este greșită.

Fundamentele metafizice kantiene ale fizicii

Spre deosebire de Descartes, Kant face întradevăr o afirmație explicită de completitudine referitor la propriile fundamente metafizice ale științelor naturii. Opiniile lui în această chestiune sînt enunțate probabil mai clar și mai concis decît oriunde în prefața la lucrarea cu acest titlu. Trebuie subliniat că afirmația lui Kant nu se referă la completitudinea fizicii, ci la aceea a fundamentelor metafizice ale fizicii. După ce oferă ca prim temei argumentul că este de dorit să se separe principiile eterogene în scopul localizării erorilor și confuziilor, el oferă ca un al doilea temei argumentul privind completitudinea.

Un temei în plus pentru a recomanda acest procedeu ar putea fi faptul că în tot ceea ce numim metafizică se poate spera într-o completitudine absolută a cunoașterii, completitudine de un asemenea fel încît ea nu poate fi promisă în cadrul nici unui alt fel de cunoaștere;

și de aceea, exact la fel ca în metafizica naturii în general, și aici completitudinea metafizicii naturii corporale poate fi așteptată cu încredere. Motivul pentru aceasta este că în metafizică obiectul este examinat doar așa cum trebuie el să fie reprezentat conform legilor universale ale gîndirii, pe cînd în celelalte științe așa cum trebuie să fie reprezentat conform datelor intuiției (pure și, de asemenea, empirice). Prin urmare, întrucît obiectul trebuie întotdeauna confruntat cu toate legile necesare ale gîndirii, metafizica trebuie să ofere un număr bine definit de cunoștințe care pot fi epuizate; pe cînd cele din urmă, întrucît științele oferă o infinită diversitate de intuiții (pure sau empirice) și, de aceea, o infinită diversitate de obiecte ale gîndirii, ele nu pot atinge niciodată absoluta completitudine, ci pot fi extinse la infinit, așa cum se întîmplă în matematica pură și în doctrina empirică a naturii. Cred, de altfel, că am epuizat complet această doctrină metafizică a corpului, atît cît se poate extinde o asemenea doctrină; dar nu cred că prin aceasta aș fi realizat ceva foarte important.

Schema completitudinii unui sistem metafizic, fie al naturii în general, fie al naturii corporale în particular, este tabla categoriilor. Căci nu există concepte mai pure ale intelectului care să poată atinge natura lucrurilor. În cele patru clase ale cantității, calității, relației și, în sfîrșit, modalității trebuie să poată fi aduse în general toate determinațiile conceptului universal de materie și, prin urmare, orice poate fi gîndit respectîndu-se acest concept, orice poate fi prezentat într-o construcție matematică sau poate fi dat în experiență ca obiect determinat al experienței. Nu mai este nimic de făcut pe calea descoperirii sau a adăugirii; dar se pot face îmbunătățiri oriunde ceva ar putea fi deficitar în ceea ce privește claritatea sau perfecțiunea (Ellington translation, 1970, p. 10—13). Nu e cazul să examinăm în profunzime argu-

mentul kantian de completitudine, bazat pe deducția transcendentală a categoriilor, așa cum este el. Subliniez doar modul explicit în care Kant pune în evidență problema completitudinii în acest pasaj, ca și într-o serie de alte pasaje din *Critica rațiunii pure*, în special ediția a doua.

În comparație cu Descartes, două aspecte ale concepției lui Kant sînt cu deosebire interesante pentru problema completitudinii. Întîi, el restrînge mult mai mult domeniul aprioricului din fizică. Pe de altă parte, el face însă o mult mai incisivă afirmație de completitudine relativ la domeniul aprioricului decît făcuse Descartes. Așa cum probabil reiese din citatul reprodus, sarcina primordială a lucrării lui Kant *Fundamentele metafizice ale științelor naturii* este aceea de a trece conceptul de materie prin tabla categoriilor, furnizînd astfel elementele de construcție necesare edificării unei fizici matematice care are atît calitatea de a fi conformă cu experiența cît și pe aceea de a beneficia de o bază metafizică adecvată.

Fără a intra în toate detaliile execuției acestui program de către Kant, din punctul de vedere al istoriei filosofiei fizicii n-ar fi lipsită de interes o trecere în revistă a celor patru diviziuni ale teoriei mișcării sau ale teoriei materiei care au fost trecute prin tabla categoriilor. În prima diviziune, materia este examinată exclusiv sub aspectul *cantității* ei de mișcare, făcîndu-se abstracție de toate calitățile ei. Această examinare ne dă ca rezultat teoria *Foronomiei* sau Cinematica. În a doua diviziune, mișcarea este considerată ca aparținînd *calității* materiei, propoziția de bază fiind aceea că materia umple spațiul nu prin simpla ei existență, cum credea Descartes, ci în virtutea unei forțe mobile particulare de respingere. Aceasta produce *Dinamica*, ce are pentru Kant acest sens special. A treia diviziune se intitulează *Mecanica*; aici mișcarea, sub aspect de calitate, este examinată în legătură cu alte mișcări reciproce, sau, mai exact, materia cu

această calitate dinamică de a poseda o forță mobilă originară este examinată în mișcări reciproce. Într-a patra diviziune, intitulată *Fenomenologia*, materia în mișcare sau în repaus este privită conform modalității ei; adică, se cercetează dacă, în determinarea ei ca fenomen al simțurilor externe, este determinată ca posibilă, reală sau necesară.

Propozițiile enunțate de Kant în aceste patru diviziuni sînt destinate să furnizeze o fundare metafizică completă a fizicii. Prelucrînd detaliile programului, Kant dă conceptului său de forțe originare ale materiei, precum și vederilor sale despre mișcare și spațiu, dezvoltări ce constituie contribuții originale și rafinate la filosofia științei, dar din punctul nostru de vedere este neliniștitoare siguranța cu care Kant își susține afirmația de completitudine privind fundamentele lui metafizice, afirmație dovedită de scrisoarea deschisă din 1799 menționată anterior. În multe privințe, afirmațiile de completitudine privind fundamentele metafizice ale fizicii reprezintă apogeul dezvoltării istorice a doctrinelor de acest fel și, în general vorbind, s-a înregistrat o repliere de pe pozițiile avansate pe care Kant a încercat să le ocupe.

Laplace

S-ar putea crede că teza laplaceeană a determinismului strict reprezintă o extindere a completitudinii la întreaga fizică și astfel ea depășește completitudinea metafizică revendicată de Kant. Totuși, este important de subliniat că Laplace, spre deosebire de Kant, este preocupat în principal de cercetarea detaliată a exemplelor în care sînt identificate cauze și în care fenomenele sînt subsumate unor legi cunoscute. În cadrul acestor investigații detaliate el își dă seama de dificultatea obținerii unor rezultate complete sau a extinderii metodelor de analiză nu la toate cazu-

rile, ci chiar și numai la mai multe cazuri de mare interes. În multe cazuri în care discută utilizările teoriei probabilităților pentru identificarea cauzelor constante, Laplace este realmente mîndru de unele dintre izbînzile sale, în special în tratarea problemei mișcărilor sistemului planetar.

Așa cum subliniază Laplace într-un paragraf al lucrării sale cu caracter filosofic *Eseu despre probabilități* (ediția 1951, p. 88—89) — introducerea la tratatul său despre probabilități —, în cele mai multe cazuri analiza problemei nu transformă probabilitatea cauzelor în certitudine, ci doar mărește probabilitatea, făcînd mai probabilă atribuirea unor cauze. Esențialul este că în practică Laplace are o atitudine realmente diferită față de completitudine decît Kant, deoarece Kant este preocupat în principal de stabilirea completitudinii metafizice a tablei categoriilor în vederea derivării legilor fundamentale ale materiei. Pe de altă parte, Laplace e preocupat în principal de aplicarea legilor probabilității la date empirice supuse erorii cu scopul de a stabili dacă perturbațiile măsurătorii se datorează acțiunii unor cauze constante sau apar pur și simplu dintr-o eroare de observație.

Teoria unificată a cîmpului

După Kant, pe parcursul secolului al XIX-lea a existat în fizică o importantă activitate de construire de sisteme, Kelvin, Maxwell și alții încercînd să reducă toate fenomenele fizice cunoscute la modele mecanice; dar impactul filosofic al acestor investigații nu a fost, în spirit, atît de direct și de imperialist ca acela al ideilor lui Kant, chiar dacă teoria mecanică a căldurii s-a dovedit una dintre cele mai importante realizări științifice ale secolului. Se poate pleda, cred eu, pentru considerarea teoriei generale a relativității datorate lui Einstein, în special a tentativei de a

ajunge la o teorie unificată a cîmpului, drept adevărata succesoare a operei kantiene în încercarea de a obține completitudinea. Cu toate acestea, nu vreau să fac o paralelă prea apropiată între Kant și Einstein, pentru că Einstein nu susține o concepție metafizică aprioristă despre fundamentele fizicii. Ceea ce împărtășesc cei doi este căutarea asiduă a completitudinii teoriei. În cazul lui Einstein, scopul era găsirea unei teorii unificate a cîmpului în care toate forțele din natură să poată fi derivate dintr-o structură comună. În versiunea cea mai grandioasă a acestui proiect, pentru condiții de frontieră date, ecuațiile diferențiale ar avea o soluție unică la scara întregului Univers, toate fenomenele fizice fiind cuprinse în teorie. Geometrodinamica lui John Wheeler și a colaboratorilor săi este o versiune recentă a viziunii lui Einstein. Wheeler (1962, p. 361) formulează problema într-un mod care amintește de Descartes: „Sînt oare cîmpurile și particulele entități străine scufundate *în* geometrie, sau nu sînt nimic altceva decît geometrie ?"

Dacă programul lui Einstein și apoi al lui Wheeler ar fi fost îndeplinite, atunci empirismul adecvat pe care-l susțin în problema completitudinii în științele empirice ar trebui să se replieze dînd înapoi de la asertarea cutezătoare a unei incompletitudini inevitabile. Or, mie mi se pare că, cel puțin în starea actuală a științei, există un sprijin total pentru teza incompletitudinii. Activitatea de construcție la scară mare a teoriilor este actualmente demodată în domenii atît de diferite cum sînt fizica și sociologia, existînd, pe cît se pare, evaluări mai adînci privind problemele unei stabiliri definitive a legilor fundamentale ale fenomenelor complexe. Wheeler însuși susține acum că recunoaște necesitatea în mecanica cuantică a unor particule care să preceadă geometrodinamica spațiului macroscopic. Eforturile de a obține o teorie fundamentală la celălalt capăt al scării, adică la nivelul microscopic sau subatomic, sînt de asemenea actualmente într-o

stare de confuzie, și, avînd în vedere complexitatea copleșitoare a evidenței experimentale din ultimele decenii, este îndoielnic că ne vom întoarce vreodată la speranțele naive ale lui Laplace și Kant că s-ar putea găsi o teorie fundamentală complet adecvată asupra fenomenelor fizice.

Paradoxul Einstein-Podolsky-Rosen

Atitudinea singulară a lui Einstein în problema completitudinii teoriilor fizice a dus la formularea a ceea ce uneori este considerat drept un paradox al mecanicii cuantice și, în termenii paradoxului, a devenit tradițională avansarea unui argument în favoarea introducerii parametrilor ascunși pentru explicarea adecvată a efectelor cauzale locale. Folosind un exemplu sugerat de Bohm și Aharonov (1957), voi încerca să dau o expunere calitativă a argumentului destinat să conducă la paradoxul Einstein-Podolsky-Rosen (pe scurt, EPR).

Pentru aceasta trebuie luat în considerare momentul cinetic propriu, sau spinul particulelor. Unul dintre rezultatele fundamentale ale mecanicii cuantice spune că spinul poate lua numai valori discrete. Particulele despre care se afirmă că au spinul 1/2 pot avea în ce privește momentul cinetic numai două valori. Să considerăm acum două particule cu spinul 1/2 aflate inițial într-o stare de spin unică, particule care se mișcă liber în direcții opuse, să zicem de-a lungul axei x. Se pot face măsurători asupra celor două particule, bunăoară cu ajutorul magneților Stern-Gerlach, pe componente selectate ale spinului celor două particule, adică pe componente selectate orientate în spațiu în orice direcție vrem. Acum, conform mecanicii cuantice, dacă măsurarea componentei spinului pe direcția a dă valoarea $+1$ pentru prima particulă, atunci măsurarea spinului pe aceeași direcție pentru cea de-a doua particulă trebuie să dea valoarea -1 și invers — dacă

prima particulă are un spin de —1, atunci cea de-a doua trebuie să aibă + 1. Ceea ce este paradoxal în acest rezultat este faptul că cele două particule pot fi separate oricît de mult şi, în principiu, decizia privitoare la direcţia pe care să o ia măsurarea poate fi luată după ce particulele au părăsit sursa comună avînd o stare de spin de singlet. Supoziţia de bază a paradoxului EPR este aceea că dacă cele două măsurări sînt realizate în acest mod în locuri depărtate între ele, atunci rezultatul obţinut în urma măsurării efectuate cu un magnet asupra uneia nu ar trebui să influenţeze rezultatul obţinut în urma măsurării celeilalte. Însă, întrucît putem prevedea dinainte aceste rezultate ale măsurărilor, trebuie să existe parametri ascunşi care determină în avans măsurarea lor, şi întrucît funcţia de undă din mecanica cuantică nu determină rezultatul unei măsurări individuale, ci numai o repartiţie de probabilitate, adică probabilitatea de a obţine rezultatul + 1 cu magnetul ce are orientarea vectorială *a* etc., predeterminarea implică faptul că e posibilă o specificare mai completă a stării sistemului celor două particule. Supoziţia de localitate intervine şi ea, deoarece valoarea măsurării efectuate asupra fiecărei particule este determinată cauzal de parametrii-variabile ascunse şi nu avem aparentul paradox al unei măsurări efectuate într-un anumit loc din spaţiu care să pară că influenţează determinist măsurarea efectuată într-un alt loc, fără nici o transmisie cauzală asupra efectului.

Formularea acestui paradox a convins multă lume că Einstein are dreptate iar mecanica cuantică este incompletă. Cu toate acestea, dezvoltările descrise în capitolul 2, începînd cu teorema lui Bell şi continuînd cu testarea teoremelor parametrilor ascunşi cu supoziţia de localitate de către Freedman şi Clauser, au condus la predicţii ce verifică pe cele ale mecanicii cuantice, fiind inconsistente cu supoziţiile de localitate ale paradoxului EPR. Cum spune Bell, (1966), paradoxul

se rezolvă în modul care lui Einstein i-ar fi plăcut cel mai puțin. Teoriile cu parametri ascunși ce remediază acea incompletitudine a mecanicii cuantice care îl neliniștea pe Einstein sînt inconsistente cu mecanica cuantică și experimentele relevante.

N-am făcut decît să schițez paradoxul EPR și felul în care a fost analizat el în mod curent în lucrări asupra parametrilor ascunși, mai ales prin intermediul teoremei lui Bell. Cu toate acestea, chiar dacă tratarea detaliilor este sumară, rezultatul calitativ este clar, și anume sprijinul necesar pentru completitudine nu și-a făcut apariția, iar noi rămînem cu un nou argument în favoarea incompletitudinii teoriei fundamentale.

Incompletitudinea spațiilor probabilizate

Nu numai în științele naturii, ci și în științele sociale și comportamentale sînt folosite acum o diversitate de procese stocastice. Un aspect interesant al incompletitudinii în aceste sfere merită să fie examinat ca exemplu suplimentar de îndepărtare de țelul unei completitudini absolute a analizei științifice. Deși e posibilă și o descriere generală a situației, examinarea unui exemplu particular va fi probabil mai sugestivă. Generalizarea lui la alte cazuri va fi evidentă.

Putem lua ca exemplu simplu teoria modelelor lineare ale învățării puse la punct de Estes și Suppes (1959), care pentru scopurile de față e suficient să fie schițată neformal. Teoria se bazează pe două axiome. Prima spune că atunci cînd un răspuns este consolidat, probabilitatea ca la următoarea experiență să fie dat acel răspuns crește printr-o transformare liniară simplă. A doua spune că dacă e consolidat alt răspuns probabilitatea primului răspuns descrește printr-o transformare liniară secundară. În ciuda simplității acestei teorii, ea oferă o explicație rezonabilă pentru o serie de rezultate experimentale, iar

din punct de vedere matematic caracterizarea proprietăților asimptotice ale modelelor ei nu este o chestiune banală.

Pentru discuția de față privitoare la completitudine punctul critic este caracterizarea măsurii de probabilitate P ca fiind definită pe σ-algebra mulțimilor cilindrice de cîmpuri de evenimente X care reprezintă serii infinite de posibile răspunsuri și reiterări ce consolidează[4] aceste răspunsuri. Ar fi firesc ca cineva care nu este familiarizat cu situația să întrebe: de ce să ne batem capul cu σ-algebra mulțimilor cilindrice ? De ce să nu definim pur și simplu măsura de probabilitate P pe familia tuturor submulțimilor lui X? Există mai multe argumente pentru a restrînge măsura, definind-o pe σ-algebra mulțimilor cilindrice. Din punctul de vedere al incompletitudinii însă, există un argument decisiv, și acesta este următorul.

Este ușor de arătat că în determinarea univocă a probabilității producerii fiecărui eveniment, bunăoară a fiecărui răspuns sau a fiecărei serii de răspunsuri, intervin trei ingrediente conceptuale. Primul ingredient este probabilitatea inițială a răspunsului la începutul experimentului, înaintea oricăror consolidări; al doilea ingredient este parametrul de învățare, care determină cît de repede au loc schimbări de comportament în cadrul diverselor planuri de consolidare; iar cel de-al treilea ingredient este planul de consolidare, care în general va avea caracter probabilist și contingent față de răspunsurile anterioare sau consolidările lor. Fiind date aceste trei ingrediente, ne-am aștepta ca măsura probabilității să fie determinată univoc pentru toate cazurile experi-

[4] Mulțimile cilindrice ale unui spațiu de serii cum este X sînt mulțimi definite prin referire la un număr *finit* de experiențe (sau în altă terminologie, dimensiuni). σ — algebra mulțimilor cilindrice este cea mai mică algebră de mulțimi care conține toate mulțimile cilindrice, fiind închisă față de reuniunea unei serii numerabile de mulțimi. Utilizînd axioma alegerii, este ușor de arătat că nu toate submulțimile lui X sînt membre ale σ — algebrei de mulțimi cilindrice.

mentale. Or, analiza demonstrației acestei univocități arată că măsura va fi determinată univoc cu condiția ca ea să fie definită numai pe σ-algebra mulțimilor cilindrice ale lui X, și nu pe toate submulțimile lui X. (Pentru detaliile demonstrației, vezi Suppes, 1981 b.) Acest tip de incompletitudine este standard în orice teorie formulată în cadrul spațiilor complexe și reprezintă o îndepărtare importantă de atitudinea naivă față de completitudine. În legătură cu exemplul din teoria învățării sau cu altele similare, axioma alegerii poate fi utilizată în vederea construirii unei diversități de evenimente sau mulțimi din afara σ-algebrei, ale căror probabilități nu sînt determinate de teorie.

La ce ne putem aștepta

Cum arată cele cîteva exemple examinate, în cele mai multe sfere ale cunoașterii a aștepta ca teoriile să posede o formă tare de completitudine ar însemna a ne aștepta la prea mult. În practică, lucrul cu care ne-am învățat să convietuim este o formă potrivită de incompletitudine, dar noi nu am inclus în mod explicit această practică efectivă în filosofia noastră atît de profund cît am fi putut. Din diversele exemple apare evident faptul că ne putem aștepta la forme slabe de completitudine în cazul unor teorii referitoare la sfere restrînse ale experienței. Pare complet nepotrivit, neverosimil și, din mai multe puncte de vedere, absurd să așteptăm ca teorii ce acoperă sfere largi ale experienței sau, în cazurile mai grandioase, *întreaga* experiență, să aibă un grad înalt de completitudine.

Aplicarea teoriilor științifice efective la sfere particulare ale experienței are aproape totdeauna un caracter schematic și foarte aproximativ. Indiferent dacă predicțiile noastre se referă la comportamentul particulelor elementare, la vreme sau la comerțul internațional — în fapt la oricare

fenomen cu un grad rezonabil de complexitate —, putem spera doar să cuprindem o parte limitată din aceste fenomene.

Se spune uneori că rolul experimentelor este tocmai acela de a izola fragmente particulare ale experienței care pot fi tratate într-un mod relativ complet. Aceasta este, cred, mai mult o dogmă a filosofilor care nu s-au angajat prea serios în experimentare decît a savanților care practică experimentul. Cînd am fost eu însumi implicat în experimentare, am fost izbit de măsura în care concepțiile mele schematice despre teorii, aplicate mai curînd datelor observaționale decît celor experimentale, se aplicau și muncii experimentale. Mai întîi un lucru concret, apoi altul sînt abstrase și simplificate pentru a face ca datele să se adapteze la setul limitat de concepte al teoriei testate.

Să formulez chestiunea altfel. O concepție filosofică uzuală despre știință afirmă că aceasta ar fi o aproximare care se apropie tot mai mult de un set de adevăruri eterne valabile pretutindeni și totdeauna. Traiectoria acestei concepții despre știință poate fi trasată de la Platon, trecînd pe la Aristotel pînă la Descartes, Kant și filosofi mai recenți, opinia fiind neîndoielnic acceptată și de mulți oameni de știință. Părerea mea personală este că se poate face o pledoarie mult mai bună în favoarea acelui tip de concepție instrumentalistă despre știință concepută în termeni generali de Peirce, Dewey și succesorii lor. Potrivit acestei concepții, activitatea științifică este un tip de activitate constînd într-o permanentă rezolvare de probleme. Nici o sferă a experienței nu este complet și definitiv clarificată prin furnizarea unui set de adevăruri fundamentale, ci mai curînd sîntem permanent confruntați cu noi situații și noi probleme, aplicînd pentru aceste probleme și situații o colecție de metode, tehnici și concepte științifice, pe care, în multe cazuri, am învățat să le utilizăm cu o mare ușurință.

În această concepție despre știință conceptul de adevăr obiectiv nu dispare imediat, dar ceea ce am putea numi concepția globală sau cosmologică despre adevăr este privită cu scepticism, exact ca și concepția globală sau cosmologică despre completitudine. Ca și propriile noastre vieți și străduințe, teoriile științifice au un caracter local, fiind proiectate să înfrunte un set dat de probleme. Pe măsură ce apar probleme noi, sînt necesare teorii noi; în aproape toate cazurile, teoriile folosite în rezolvarea vechiului set de probleme nu au fost testate în măsura maximă realizabilă, nici nu au fost confirmate atît de larg sau atît de profund pe cît se putea, dar a sosit vremea pentru ceva nou, și noi trecem la altceva. Din nou, această concepție asupra științei nu înseamnă că n-ar putea exista o convergență aproximativă a unui șir de teorii ce tratează un anumit șir de probleme; dar ea susține că șirul nu converge neapărat. De fapt, pentru a exprima tipul de incompletitudine pe care-l urmăresc, am putea chiar face presupunerea tare că în multe domenii de experiență teoria științifică ce înlocuiește pe cea mai bună teorie veche constituie întotdeauna o îmbunătățire, și deci avem un fel de șir monoton crescător. Cu toate acestea, ca și în cazul unui șir de numere întregi strict monoton crescător, nu există convergență către o valoare finită — șirul nu se încheie niciodată — și la fel stau lucrurile cu teoriile științifice. *Nu există nici o teorie științifică-limită, invariabilă, către care să conveargă în general eforturile noastre.*

6

PLURALITATEA ȘTIINȚEI

Ce se presupune a fi unitatea științei?

Pentru a răspunde la această întrebare de început, m-am adresat eseului introductiv al lui Otto Neurath la *Enciclopedia Internațională a Științei Unificate* (Neurath, Carnap și Morris, 1938). El începe astfel:

> Din punct de vedere istoric, știința unificată a devenit subiectul acestei *Enciclopedii* în urma eforturilor mișcării pentru unitatea științei, mișcare ce include oameni de știință și persoane interesate în știință care sînt cu toții conștienți de importanța unei atitudini științifice universale.
>
> Noua versiune a ideii științei unificate este creată la confluența unor curente intelectuale divergente. Cercetările empirice ale oamenilor de știință s-au situat adesea pe o poziție opusă față de construcțiile logice ale raționalismului a priori generat de sistemele filosofico-religioase; prin urmare, „empiricizarea" și „logicizarea" au fost considerate de cele mai multe ori ca aflîndu-se în opoziție. Ele sînt acum unite într-o sinteză pentru prima oară în istorie (p. 1).

Autorul continuă:

> Viziunea și gîndirea totalizatoare sînt o veche aspirație a umanității... Această atracție pentru combinarea unor concepte și enunțuri netestate empiric a pregătit o anumită atitudine ce a apărut în epocile următoare sub forma construcției metafizice. Dezinteresul față de

fapte și față de folosirea enunțurilor de observație în raport cu orice ansambluri sistematizate de idei este întîlnit mai ales în cadrul diferitelor sisteme idealiste (p. 5—6).

Mai departe el spune:

O aplicare universală la știință în general a analizei și construcției logice a fost pregătită nu numai de sistematizarea procedurilor empirice și a analizei logico-empirice a enunțurilor științifice, ci și de analiza limbajului din diferite puncte de vedere (p. 16—17).

În același volum al *Enciclopediei*, teza despre unitatea limbajului științei este reluată într-un mod considerabil mai detaliat în analiza întreprinsă de Carnap cu privire la fundamentele logice ale unității științei. El enunță binecunoscutele sale puncte de vedere cu privire la fizicalism și, relativ la termenii sau predicatele limbajului, conchide:

Rezultatul analizei noastre este că clasa predicatelor observabile ale lucrurilor este o bază de reducție suficientă pentru ansamblul limbajului științei, inclusiv pentru partea cognitivă a limbajului de fiecare zi (p. 60).

Privitor la unitatea legilor, Carnap ajunge la o concluzie negativă, dar optimistă — optimistă în sensul că reductibilitatea legilor unei științe la acelea ale alteia nu a fost dovedită ca imposibilă. Iată ce spune el cu privire la reducția legilor biologice la legi fizice:

Există un limbaj comun căruia îi aparțin atît legile biologice cît și cele fizice, astfel că ele pot fi comparate și corelate logic. Noi putem întreba dacă o anume lege biologică este compatibilă sau nu cu sistemul legilor fizice și dacă este sau nu derivabilă din ele. Dar răspunsul la aceste întrebări nu poate fi inferat din reductibilitatea termenilor. În stadiul actual al dezvoltării științei nu e, desigur, posibil să deri-

văm legile biologice din cele fizice. Unii filosofi consideră că această derivare este definitiv imposibilă din cauza naturii diferite a celor două domenii. Dar dovezile aduse pînă acum în favoarea acestei teze sînt în mod cert insuficiente (p. 60).

În continuare, el spune lucruri similare despre reducția psihologiei sau a altor științe sociale la biologie.

O abordare diferită, și mai puțin lingvistică, este aceea de a pune în contrast unitatea obiectului științei cu unitatea metodei științifice. Mulți vor fi de acord că diferitele științe au obiecte de studiu diferite; de exemplu, obiectul astronomiei nu e în nici un sens același cu cel al psihofarmacologiei. Dar mulți vor susține că, în ciuda obiectelor radical diferite, există anumite sensuri importante în care metodele științei sînt aceleași în fiecare domeniu de cercetare. Exemplele cele mai evidente și mai simple ne vin imediat în minte. Nu există o aritmetică pentru teoriile psihologice ale motivației și alta pentru teoriile cosmologice ale universului. Într-un sens mai general, nu există teorii diferite ale calculului diferențial și integral, ale ecuațiilor diferențiale cu derivate parțiale sau ale probabilităților. Există o mare cantitate de metode și rezultate matematice care pot fi utilizate în toate domeniile științei și care sînt, de fapt, chiar amplu utilizate în domenii foarte diferite ale acesteia. Unitatea metodei științifice oferă un exemplu *prima facie* plauzibil pentru unitatea științei. Acesta e, poate, unul dintre înțelesurile cele mai rezonabile ce pot fi asociate oricărei teze fundamentale cu privire la unitatea științei. Totuși, eu voi adopta în cele ce urmează o atitudine negativă chiar și cu privire la această teză.

Unitate și reducționism

Ceea ce am spus mai sus cu privire la diferitele științe care au în mod evident obiecte diferite a

fost formulat oarecum în grabă, dacă ținem cont că există un sens, important sub raport istoric, al unității științei. Reducționismul, în diferitele lui forme, s-a aflat o lungă perioadă de timp în centrul discuțiilor despre unitatea științei. Mă voi concentra asupra a trei dintre aceste forme; reducția limbajului, reducția obiectului și reducția metodei.

Reducția limbajului. Punctele de vedere ale lui Carnap în legătură cu reducția limbajului științei la limbajul simțului comun despre obiectele fizice rămîn atrăgătoare. El își formulează teza generală într-un mod care nu implică teze tari cu privire la reducția psihologiei la fizică, de exemplu, și sînt sigur că există multe lucruri corecte în ceea ce a spus. Pe de altă parte, pare oportun să subliniem sensurile foarte clare în care nu există nici un fel de reducție a limbajului. În mod cert, reducția nu are loc în practică, și se poate afirma pe bună dreptate că ea rămîne și în teorie într-o iremediabilă situație vagă.

Există mai multe moduri de a ilustra temeiurile scepticismului meu cu privire la orice sens serios al reducției limbajului. Teza mea despre pluralitatea științei susține, între altele, că, pe măsură ce devin tot mai tehnice, limbajele diferitelor ramuri ale științei sînt mai degrabă divergente decît convergente. Să încep cu un exemplu personal. Fiica mea, Patricia, își pregătește doctoratul în neurofiziologie; pentru a mă ajuta să înțeleg mai bine preocupările ei, m-a abonat la ceea ce ar putea fi o revistă expozitivă intitulată *Neurosciences: Research Program Bulletin.* După eforturi succesive de a citi această revistă, am ajuns la concluzia că expunerea în cauză este adresată numai acelora care activează în disciplinele înrudite. Citez un pasaj dintr-un articol (Smith și Kreutzberg, 1976) referitor la interacțiunile neuron — celulă țintă.

Studiile de mai sus definesc reglarea transsinaptică anterogradă a ontogeniei adrenergice.

Black și colaboratorii ... au demonstrat de asemenea că neuronii postsinaptici reglează dezvoltarea presinaptică printr-un proces retrograd. În timpul maturării, activitatea Ach (acetilcolinei) presinaptice crește de 30—40 de ori ... și această creștere merge în paralel cu formarea sinapselor ganglionare ... Dacă neuronii adrenergici postsinaptici la șobolani nou născuți au fost distruși chimic cu ajutorul 6-hidroxidopaminei ... sau imunologic cu antiser la NGF ... s-a prevenit dezvoltarea normală a activității acetilcolinei presinaptice. Aceste date, văzute în relație cu studiile reglării anterograde, au dus la concluzia că în timpul dezvoltării există un flux bidirecțional de informație reglatoare la nivelul sinapsei. (p. 235.)

Și acesta nu este, în nici un caz, cel mai puțin inteligibil pasaj. Mi se pare însă că el ilustrează un fapt de viață din domeniul cunoașterii. Științele sînt tot mai divergente, și nu avem motive să credem că va apărea vreodată o convergență de un fel oarecare. Mai mult, această divergență nu este de origine recentă. Ea a fost prezentă de multă vreme în cea mai veche dintre științele cantitative, astronomia, și este astăzi tot mai mult prezentă în toate ramurile științei.

Mai există o chestiune pe care aș vrea să o pun în opoziție cu o teză avansată de cîțiva filosofi, ca și de unii fizicieni cu înclinații filosofice. Unii au susținut că în domeniul fizicii, cel puțin, o unificare teoretică semnificativă poate fi așteptată în viitor și că, odată cu aceasta, se poate spera într-o unificare a limbajului teoretic al științelor fizice, simplificînd astfel problema cognitivă a înțelegerii unor domenii diferite. Sînt sceptic cu privire la această teză, și voi explica motivele scepticismului meu mai tîrziu, aici dorind numai să subliniez că ea ține seamă doar de o mică parte a dificultăților. Limbajul experimental al fizicii, ca și al altor științe, este mai greu de înțeles decît limbajul teoretic, și aceasta cu atît mai mult cu cît vii din afara acestor domenii speciale. Cred că

nu se pot compara dificultățile cognitive întîmpinate de un filosof care citește articole teoretice de mecanică cuantică cu dificultățile pe care le va întîmpina cînd va trece la citirea unor articole ce prezintă activitatea experimentală curentă în orice ramură dezvoltată a fizicii. Literatura experimentală este pur și simplu imposibil de pătruns fără un efort de studiu major.

Personal, salut divergența de limbaj în știință și nu găsesc în acest fapt nici un temei pentru scepticism sau pesimism referitor la dezvoltarea continuă a științei. Pluralismul ireductibil al limbajelor științei este o trăsătură tot atît de dezirabilă ca și pluralitatea ireductibilă a opiniilor politice într-o democrație.

Reducția obiectului științei. Cel puțin din vremea lui Democrit (secolul al V-lea î.e.n.) au fost formulate o seamă de teze tari și atrăgătoare despre reducția tuturor fenomenelor la atomi în în mișcare. Din cauza remarcabilului succes științific înregistrat de teoria atomistă a materiei încă de la începutul secolului al XIX-lea, această teorie a dominat concomitent gîndirea omului de rînd și pe cea a filosofului. Într-un fel, este greu să negi că orice lucru din univers nu este altceva decît un roi specific de particule. Desigur, pe măsură ce înaintăm spre sfîrșitul secolului al XX-lea privim această fantezie în altă lumină. Nu ne mai este clar ce înțelegem prin particulă și nici dacă acest concept, așa cum a fost formulat inițial, este aplicabil în vreun domeniu. Universul este, într-adevăr, făcut din ceva, dar sîntem cît se poate de neștiutori cu privire la ce este acel ceva. Cu cît cercetăm mai mult, cu atît imaginea simplă și ordonată a lumii propusă ca parte a atomismului antic și care părea atît de aproape de desăvîrșire spre sfîrșitul secolului al XIX-lea ni se înfățișează mai îndepărtată ca oricînd de idealul unei descrieri adevărate. Inversînd expresia folosită anterior, voi spune că nu lucrurile sînt formate din

roiuri de particule, ci particulele sînt alcătuite din roiuri. Există încă în jurul nostru fizicieni care susțin că vom ajunge într-o zi să cunoaștem elementele ultime, cele mai simple din care sînt formate toate celelalte lucruri dar, întrucît aceste afirmații au fost continuu revizuite, iar complexitatea fizicii energiilor înalte și a teoriei particulelor elementare a sporit, par să existe puține temeiuri în virtutea cărora să mai putem crede serios în sensul tare al reducției formulat atît de atrăgător de către Democrit.

Punînd chestiunea într-o manieră sceptică, am spune că nu putem avea o reducție a obiectului la entități fizice ultime pentru că nu știm ce sînt acele entități. Am formulat cu alt prilej (1974a) motivele pentru care cred că teoria aristotelică a materiei este mai temeinică și mai rațională decît simplistele concepții reducționist-atomiste care au dominat gîndirea noastră despre lumea fizică timp de 200 de ani.

Argumente împotriva reducției obiectului pot fi găsite chiar și în fizică. Un exemplu familiar este opinia curentă că este zadarnică încercarea de a rezolva problemele chimiei cuantice apelînd la legile fundamentale ale mecanicii cuantice. Zadarnică în același sens în care este zadarnic să programezi un calculator pentru a juca o partidă de șah perfect căutînd să anticipezi mereu toate mișcările posibile. Explozia combinatorică este atît de radicală și atît de copleșitoare încît pot fi găsite argumente teoretice conform cărora nu numai acum, dar chiar și în viitor va fi imposibil să reducem prin calcul direct problemele chimiei cuantice la probleme ale mecanicii cuantice obișnuite. Cu toată apropierea ei de mecanica cuantică, chimia cuantică este și va rămîne o disciplină esențialmente autonomă. La nivelul calculabilității, reducția este nu numai practic, ci și teoretic imposibilă.

Un exemplu semnificativ de reducție efectivă îl constituie reducția unor largi părți din matematică la teoria mulțimilor. Dar chiar și în

acest caz, reducția la un obiect unic a unor părți diferite din matematică are un aer formal și steril. Nu în sensul că reducția ca atare ar fi conceptual neinteresantă, ci, mai degrabă, în sensul că ea prezintă un interes limitat și nu ne spune prea multe cu privire la numeroase aspecte ale matematicii. Ca știință, matematica este constituită din mai multe subdiscipline diferite, fiecare mergînd pe drumul ei și fiind, în primul rînd, sensibilă la nuanțele propriului obiect. Mai mult, pe măsură ce am ajuns la o tot mai profundă înțelegere a fundamentelor matematicii, ne-am dat seama că acestea nu pot fi construite pe stînca solidă a certitudinii și că, în multe sensuri, părțile dezvoltate ale matematicii sînt mult mai bine înțelese decît fundamentele însele. Ca și în cazul fizicii, un efort de reducție este actualmente un efort de reducție la nu știm ce anume.

Un exemplu matematic în multe privințe mai semnificativ este reducția matematicii computaționale la calculabilitate prin mașini Turing, dar, la fel ca în cazul teoriei mulțimilor, reducția este irelevantă pentru majoritatea problemelor de calcul ce prezintă interes teoretic sau practic.

Reducția metodei. Așa cum am remarcat mai înainte, mulți filosofi și oameni de știință susțin că există un sens important în care putem spune că metodele științei sînt aceleași în orice domeniu de cercetare. Cîteva aspecte ale acestui sens al unității — după cum am mai menționat — sînt larg recunoscute și indiscutabile. Cu greu se pot nega utilizarea generală a matematicii elementare și studierea generală a metodelor matematice elementare cu scopul de a fi aplicate în toate domeniile științei. Dar mi se pare că acum este important de subliniat pluralitatea metodelor precum și marea deosebire dintre diferitele părți ale științei în ceea ce privește metodologia. Utilizarea matematicii elementare — și subliniez *elementare*, pentru că aproape toate aplicațiile matematicii în știință sînt elementare din punct

e vedere matematic —, ca și utilizarea unor metode statistice elementare nu caracterizează în mod deosebit metodologia vreunei ramuri particulare a științei. Așa cum am accentuat mai sus, mai ales metodele experimentale utilizate în diferite ramuri ale științei sînt cele care au forme radical diferite. Nu este deloc exagerat să se spună că manualele de metode experimentale pentru o anume disciplină sînt în general de necitit pentru experții altei discipline (definiția termenului „disciplină" poate fi aici foarte îngustă). Fizicienii care lucrează în domeniul fizicii solidului nu pot înțelege relatările detaliate în materie de metodă din alte capitole ale fizicii. Aceasta este valabil chiar și pentru științe mai puțin dezvoltate, cum e psihologia. Psihofiziologii utilizează o mulțime de metode experimentale care sînt străine psihologilor ce s-au specializat, să zicem, în teoria testelor psihopedagogice; în mod corespunzător, detaliile interne ale metodologiei elaborării testelor vor rămîne necunoscute pentru aproape toți psihofiziologii.

Chiar și în domeniul îngust al metodelor statistice, diferite discipline impun abordări statistice diferite ale obiectelor lor particulare. Instrumentele statistice ale psihologilor sînt, în genere, foarte diferite de cele utilizate de economiști. Mai mult, în cadrul unei singure discipline largi, cum este fizica, întîlnim, în diferite arii, mari variații în utilizarea metodelor statistice — fapt bine documentat de Paul Humphreys (1976).

Problema unității științei a apărut într-o bună măsură ca un strigăt de regrupare al filosofilor care încercau să depășească puternica influență a idealismului german din secolul al XIX-lea. O jumătate de secol mai tîrziu tabloul este foarte diferit. Perioada de după prima apariție a *Enciclopediei științei unificate* a fost era celei mai mari dezvoltări și expansiuni a științei din istoria gîndirii. Masiva întreprindere a științei nu mai are nevoie de protecție din partea filosofiei împotriva concepțiilor filosofice eronate. Strigătul de

regrupare al unității, căruia i-a urmat un „de trei ori, ura!" pentru reducționism, trebuie înlocuit acum de examinarea atentă a multiplelor moduri în care variatele științe diferă în ceea ce privește limbajul, obiectul și metoda, ca și de o concepție sinoptică despre modurile în care ele se aseamănă.

Voi examina acum, mai detaliat, o serie de exemple pentru a ilustra tezele generale pe care le-am formulat.

Problema celor *N* corpuri

Încă pe vremea atomiștilor antici a apărut speranța ambițioasă ca toate proprietățile materiei să fie reduse la caracteristici ale atomilor în mișcare. Formularea precisă de către de Newton a axiomelor mecanicii ca și soluția sa la problema celor două corpuri din mecanica clasică au creat cadrul unui interes reînnoit pentru această concepție reducționistă despre lume. Importanța soluției lui Newton la problema celor două corpuri a constat în faptul de a fi arătat că din simpla cunoaștere a forței de interacțiune gravitațională dintre două corpuri, a pozițiilor și vitezelor lor la un anumit moment se poate determina evoluția viitoare și trecută a sistemului, cu condiția, desigur, ca acesta să fie izolat de orice alte influențe.

În multe privințe, apogeul filosofic al reducției mecaniciste a fenomenelor fizice este atins în opera fizicianului iezuit din secolul al XVIII-lea Rudjer Josip Bošković*. Din punct de vedere istoric, teoria sa nu a avut o importanță majoră, el neputînd fi pus alături de Lagrange, Euler și Laplace, deși a exercitat o influență considerabilă în secolul al XVIII-lea și a manifestat

* Rudjer Josip Bošković (1711—1787), mai cunoscut în grafia Roger Joseph Boscovich — fizician, astronom și filosof croat. — *Nota trad.*

un interes mult mai mare pentru filosofie decît majoritatea fizicienilor și matematicienilor contemporani cu el. Ideile sale filosofice au fost expuse în forma cea mai sistematică în lucrarea *Theoria Philosophiae Naturalis*, publicată mai întîi la Viena în 1758 și apoi, într-o formă revăzută, la Veneția în 1763. (Referințele noastre sînt la ediția venețiană din 1763, care a fost tipărită în versiune latină/engleză la Chicago în 1922; trimiterile sînt mai mult la paragrafe decît la pagini.)

În numeroase pasaje, Bošković se compară cu Descartes, Newton și Leibniz. El era în bună măsură opus cartezianismului, deși în multe privințe teoria lui seamănă mai mult cu *Principia* lui Descartes decît cu cea a lui Newton. Această similitudine în ceea ce privește intenția și metoda decurge din convingerea lui Bošković că el a derivat *toate* fenomenele fizice din poziția, forțele și mișcările punctelor materiale. Ca și în cazul lui Descartes, explicațiile lui Bošković cu privire la cele mai particulare fenomene sînt mai degrabă calitative decît cantitative și au același aer de superficialitate: se recurge la o mulțime de ipoteze ad hoc neverificabile, cu scopul de a subordona unei teorii generale fenomene empirice binecunoscute. Pe de altă parte, există multe deosebiri față de Descartes, ceea ce, desigur, reflectă parțial enormul progres cunoscut de fizică în cursul celor o sută de ani care îi separă pe cei doi. Tratatul lui Bošković este mult mai matematizat și mai exact decît al lui Descartes și, în general, mai puțin speculativ. Bošković nu crede că atributele lui Dumnezeu pot fi folosite pentru a deduce din ele adevăruri a priori despre lume, așa cum face Descartes în primele două părți

ale tratatului său[1]. Bošković are, mai mult decît Descartes, un acut simț al diferenței dintre cunoașterea științifică și ignoranță. El susține că punctul de vedere al lui Descartes despre plenum este o ficțiune mentală (notă la § 210) și că viziunea carteziană despre mecanismele materiale face nu numai din animale, ci și din om simple automate (§ 386). (În propriul său sistem el depășește această dificultate introducînd „mișcările libere" ale corpurilor care își au originea în spirit (§ 387).) La începutul tratatului, Bošković precizează atît ceea ce îl apropie, cît și ceea ce îl desparte de Newton și Leibniz, precum și rațiunile superiorității teoriei sale. Punctele fără extensiune de care vorbește sînt similare monadelor leibniziene, iar forțele reciproce care acționează între acestea sînt extinderi ale ideilor newtoniene despre forțe. El se deosebește de Leibniz prin considerarea punctelor sale ca omogene și, totodată, de Newton prin utilizarea forțelor de respingere alături de cele de atracție. Bošković mărturisește în mod repetat cît de mult este îndatorat, din punct de vedere spiritual, lui Leibniz și Newton, dar ceea ce e într-adevăr extraordinar e puritatea și acuratețea intelectuală a teoriei sale. În viziunea lui Bošković materia din Univers este compusă dintr-un număr finit de puncte neextinse. Forțele de atracție și de respingere, care sînt funcție numai de distanță, acționează între aceste puncte conform unei unice legi a forței. Forțele sînt funcție de distanța dintre oricare două particule. Toate fenomenele observate ale naturii trebuie explicate numai în termenii distribuției și mișcării acestor puncte, precum și ai forțelor ce acționează între ele.

---

[1] „. . . sîntem total ignoranți cu privire la natura prezenței lui Dumnezeu; și în nici un chip nu vom spune că El este realmente extins peste tot în spațiul divizibil; de asemenea, nu se poate face nici o analogie și nu se poate deduce nimic — cu privire la modurile umane sau materiale de existență și acțiune — pornind de la acele moduri, aflate dincolo de orice inteligență umană, în care El există, gîndește, voiește și acționează" (*Theoria*, § 85).

în cuvintele pitorești ale lui Bošković, „materia este împrăștiată într-un vacuum și plutește în el“ (§ 7).

Concepția metafizică a lui Bošković despre materie reflectă simplitatea teoriei sale. Materia este neextinsă, părțile ei nu sînt contigue. Elementele primare ale materiei, i.e. particulele punctuale, trebuie să fie simple, căci dacă ar fi compuse forțe de respingere indefinit de mari ar împrăștia părțile componente (§ 81). Simplitatea radicală a viziunii lui Bošković, conform căreia materia este neextinsă, constituie trăsătura cea mai izbitoare a teoriei sale; această concepție nu a fost anticipată, după cîte știu, de nici unul dintre predecesorii săi atomiști cu un grad comparabil de claritate și transparență. Nu voi trece în revistă, aici, detaliile argumentării lui Bošković în favoarea acestei teze originale și unice.

Ea formează fundalul filosofic natural pentru cercetările matematice din secolul al XIX-lea cu privire la problema celor N corpuri. Matematicienii și fizicienii care s-au confruntat cu această problemă de-a lungul întregului secol nu au susținut, așa cum a făcut-o Bošković, că materia este neextinsă; problema lor — problemă firească în cadrul fizicii newtoniene și reprezentînd sub multe aspecte chestiunea matematică centrală pentru teoria lui Bošković — era aceea de a deriva din forțele de interacțiune concepute ca funcție numai de distanță — în fapt, de inversul pătratului distanței — traiectoriile particulelor individuale. Desigur, traiectoriile depind totodată de pozițiile și vitezele particulelor la un moment dat. Din punct de vedere general conceptual și filosofic, nimic nu putea să pară mai simplu, ca prim pas în extinderea mecanicii newtoniene sau în realizarea cea mai elementară a programului lui Bošković, decît depășirea problemei newtoniene a celor două corpuri, trecînd la problema a cel puțin trei corpuri și, de aici, la problema celor N corpuri. Orice program care

emite pretenții serioase în privința reducției proprietăților observabile ale materiei la părțile sale elementare trebuie să aibă de-a face cu problema celor N corpuri în toate detaliile ei matematice și cantitative. Mai mult, pare limpede că programele reducționiste detaliate menite să contribuie la unificarea științei trebuie să fie practic în stare să rezolve astfel de probleme elementare pentru a fi capabile să funcționeze într-un sens științific cît de cît serios.

Ceea ce este surprinzător, și într-un fel cu totul neașteptat, mai cu seamă din punctul de vedere al unor fizicieni cu înclinații filosofice cum e Bošković, este enorma dificultate matematică a rezolvării problemei celor N corpuri.

O problemă la fel de complicată, strîns legată de aceea a determinării traiectoriilor, este chestiunea stabilității unui sistem format din N particule. Problema stabilității a apărut în secolul al XVIII-lea în legătură cu problema stabilității sistemului solar. Dată fiind idealizarea matematică a sistemului solar așa cum apare în mecanica cerească, putem noi oare dovedi că mișcările periodice ale sistemului vor continua pentru tot restul timpului? În mod clar, aceasta este o problemă ce prezintă un mare interes intelectual și conceptual. O lungă serie de distinși matematicieni, începînd cu Laplace, și-au propus să ofere demonstrații ale stabilității. Dar abia în ultimii ani au fost date demonstrații cu adevărat satisfăcătoare ale stabilității (pentru detalii asupra lucrărilor recente, vezi Moser 1973 și Abraham și Marsden 1978). Fără a intra în detalii matematice, aș dori să examinez modul în care găsirea traiectoriilor și a stabilității sistemului sînt strîns legate, și totodată contrapuse, comportamentului aleator al sistemelor dinamice — un subiect ce a fost deja discutat la sfîrșitul capitolului 2.

Mai întîi, cîteva remarci istorice despre problema stabilității. Așa cum am menționat deja, o primă demonstrație a fost propusă de Laplace în 1773, alta de Lagrange în 1776 și încă una

de Poisson în 1809. Toate aceste demonstrații au depins de ceea ce se cheamă tehnicile de dezvoltare în serie. În 1858, nu cu mult înainte de a muri, Dirichlet, binecunoscutul matematician din secolul al XIX-lea, a pretins că are o soluție; deoarece Dirichlet era recunoscut pentru rigoarea și acuratețea cercetărilor sale, regele Oscar al Suediei a oferit un premiu pentru descoperirea demonstrației sau găsirea unei noi demonstrații a faptului că sistemul solar e stabil. Premiul regelui Oscar a revenit lui Poincaré în 1889. Totuși, Poincaré (1890) nu a rezolvat realmente problema în maniera dorită. Încă în 1887 Bruns a arătat că nici o altă metodă cantitativă în afara dezvoltărilor în serie nu poate clarifica problema celor N corpuri, iar Poincaré a arătat că dezvoltările în serie ale lui Laplace, Lagrange etc., la care ne-am referit mai înainte, diverg mai degrabă decît converg, cum s-ar cere pentru a avea o soluție convenabilă. Poincaré a cîștigat premiul nu pentru că ar fi rezolvat problema stabilității, ci grație abundenței de idei care au rezultat din studierea prelungită a problemei.

Există două aspecte ale sistemelor instabile care fac dificilă, și în multe cazuri practic imposibilă, predicția comportamentului lor. Aceasta este adevărat, în ciuda faptului că sistemele dinamice au caracter determinist. O sursă de dificultate în cazul sistemelor instabile o constituie faptul că putem măsura numai aproximativ condițiile inițiale. Dacă sistemele nu sînt stabile în sens propriu, va fi imposibil să le prezicem comportamentul, cu orice precizie, pentru orice intervale de timp cu excepția celor foarte mici, din cauza erorilor de măsurare a condițiilor inițiale. Această temă este uneori discutată ca și cum întreaga problemă rezidă în chestiunea condițiilor inițiale, dar lucrurile nu stau așa. Chiar și atunci cînd se presupune o cunoaștere exactă a condițiilor inițiale, persistă probleme în legătură cu predicția pentru cazul sistemelor

instabile. Soluțiile prezintă neajunsurile menționate pentru problema celor trei corpuri. Nu există o soluție analitică convergentă. Trebuie, deci, utilizate metodele aproximărilor numerice. Cînd funcția-soluție, a cărei existență poate fi, în principiu, demonstrată are un caracter îndeajuns de patologic, nici o extrapolare bazată pe diferitele metode ale dezvoltării în serie nu va da predicții exacte. Exemple tipice de acest fel sînt predicțiile meteorologice, cele ale tendințelor economice, ale punctului de oprire al ruletei sau ale momentului dezagregării unui mare bloc de gheață. Cu alte cuvinte, din rațiuni matematice fundamentale, predicția exactă și extinsă, chiar și în cazul sistemelor fizice relativ simple, se poate dovedi imposibilă. Legătura care se face în discuțiile din multe texte filosofice între predicție și determinism este, de fapt, foarte departe de subiect. (Pentru o bună expunere tehnică, dar nu prea dificilă, a acestor chestiuni — vezi studiul expozitiv al lui Gumowski 1982.)

Concluzia la care conduc rezultatele despre predicție și instabilitate schițate mai sus este aceea a eșecului modelului naiv al lui Bošković de reducție a comportamentului fenomenelor fizice la o mulțime de legi naturale. Chiar dacă, într-un anumit sens conceptual, avem pretenția de a înțelege forțele fundamentale dintre particule, pretenție reafirmată acum în maniera lui Bošković de noua fizică a particulelor, nu există nici o speranță de a ajunge la o înțelegere a întregului pornind de la părți. Nu vom fi capabili să înțelegem nici unul dintre fenomenele menționate mai sus bazîndu-ne pe o teorie microscopică a părților, cel puțin dacă discutăm în termenii faptelor relevante și ideilor teoretice actuale. Există, de asemenea, motive să credem că aceste idei vizează un nivel fundamental și că va fi foarte dificil să fie dislocate. Consecința care rezultă pentru tezele despre unitatea științei este aceea că, deși manifestăm speranța timidă

că vom înțelege forțele fundamentale care acționează asupra celor mai mici părți ale materiei și că vom putea să reconstituim cu ajutorul unor principii de compunere forțele ce acționează între toate celelalte părți mai complexe ale materiei, nu vom fi capabili, în fapt, să ducem la bun sfîrșit un asemenea program. Multe părți ale științei care au de-a face cu fenomene macroscopice trebuie să-și urmeze calea proprie, într-o formă adecvată de pluralism independent.

Informație și calcul numeric

Cel de-al doilea exemplu pe care îl propun constituie baza unui argument împotriva unității științei care are o nuanță diferită de a tuturor celor deja prezentate. El se desfășoară, într-un anume sens, pe un teren familiar. Este vorba de argumentul că psihologia nu poate fi redusă la fiziologie, nici fiziologia și biologia la fizică; dar, ceea ce putem face de data aceasta este să dăm argumentului menționat o formulare în termeni mai adecvați grație capacității pe care o avem acum de a-i exprima conceptele esențiale într-un mod complet explicit. Mă refer la argumentul că cele mai importante însușiri ale unui program de calculator, respectiv corectitudinea și caracterizarea funcției matematice calculate, sînt independente de particularitățile hardware-ului utilizat pentru implementare. Pare potrivit să se afirme că din punctul de vedere al acestor caracteristici principale hardware-ul fizic particular este nerelevant. Aceasta nu înseamnă că hardware-ul este nerelevant pentru toate aspectele unui program; de exemplu, caracteristicile particulare ale hardware-ului vor avea un efect important asupra timpului de execuție și, în alte privințe, asupra erorii de calcul. Pe de altă parte, importantele proprietăți care sînt semnificația [meaning] și corectitudinea unui program sînt complet nerelevante pentru realizarea fizică

particulară în care este încorporat programul. Ceea ce afirm în acest context este valabil pentru orice limbaj de programare standard. Alegeți limbajul dumneavoastră preferat pentru a avea un exemplu concret în minte. Indiferent dacă un calculator este construit cu lămpi, tranzistori demodați, pastile de siliciu dens asamblate, joncțiuni Josephson sau dispozitive optice, toate acestea nu au importanță din punctul de vedere al proprietăților esențiale ale unui program. Realizările fizice pot fi oricît de diferite. În spatele acestor realizări fizice pare să nu existe absolut nici o idee unificatoare. Descrierile în termeni pur fizici ale unui program implementat pe un calculator din 1955 și pe unul din 1985 au puține lucruri comune. Ceea ce au ele în comun ține numai de informație și calcul. Nu există nici un sens practic și interesant al reducției teoriei informației sau teoriei calculului numeric la concepte pur fizice.

M-am concentrat aici asupra calculului, dar stocarea informației are exact același caracter. Chiar și în același calculator există o mare diferență, din punct de vedere fizic, între stocarea în memoria centrală, stocarea pe discuri și, respectiv, pe bandă, deși noi nu avem dificultăți în a vorbi despre *aceeași* informație ca fiind în oricare din aceste trei locuri. Totuși, aproape toate persoanele avizate ar privi ca o greșeală încercarea de a formula o teorie *fizică* unificată a reprezentării informației. Important este să se obțină o reprezentare la un nivel mai abstract, îndepărtată de fizica detaliată a diferitelor mijloace de stocare. Reducția și unificarea nu sînt fără speranță, ci, mai mult, ele sînt total irelevante și neinteresante atît din punct de vedere teoretic cît și practic. Iată încă un exemplu: este imposibil de imaginat sistemul de operare complex al unui calculator modern, de orice mărime, ca fiind caracterizat în termeni pur fizici.

Inginerii care proiectează dispozitive informaționale și calculatorii de stocare trebuie să coreleze, într-un mod complex și detaliat, proprietățile fizice ale mijloacelor și ale materialelor pe care și-au planificat să le utilizeze cu structurile informaționale sau calculatorii ce trebuie implementate. Dar această corelare intimă, deși importantă din punctul de vedere al proiectării tehnice, are un impact slab asupra teoriei informației sau calculului, și unul încă și mai slab asupra programatorului sau altui practician care lucrează din greu în lumea reală, aplicînd implicit sau explicit idei ale teoriei informației sau calculului. Există un aspect ce trebuie menționat aici pentru a evita orice neînțelegere. Calculatoarele moderne sînt bazate pe arhitectura von Neumann, care este în esență o arhitectură serială. În fiecare moment al timpului este prelucrată o singură instrucțiune. După toate probabilitățile, vom vedea în viitor puternice procesoare paralele, și s-ar putea ca în următorii cincizeci de ani acestea să fie modelul dominant al calculatoarelor obișnuite. Dar aceasta nu afectează ceea ce doresc eu să susțin. Teoria calculului numeric se va schimba pentru a se acomoda în mod corespunzător cu teoria prelucrării paralele. Aceasta din urmă este însă un concept al teoriei calculului numeric și nu un concept fizic. Desigur, ea va fi realizată fizic în felurite moduri, tot așa cum arhitectura von Neumann curentă este realizată în felurite moduri; aceasta înseamnă însă tot atît de puțin că aici are loc o reducție fizică a teoriei calculului numeric (pentru motivul că am trecut la abordarea teoriei calculului paralel în termeni fizici) pe cît a însemnat așa ceva în cazul arhitecturii von Neumann.

Software mental și hardware fiziologic

Un alt exemplu, legat de cel discutat mai sus, dar avînd o nuanță diferită, se referă la relația dintre minte [mind] și creier. Nu-mi propun să

trec în revistă aici bogata literatură filosofică pe această temă, ci numai să pun o problemă legată de chestiunea anterioară ce privea software-ul și hardware-ul calculatoarelor. Nu este posibil să se separe software-ul de realizarea lui în hardware, dar absența acestei separații nu implică unitatea lor în vreun sens tare al cuvîntului. La fel stau lucrurile și în cazul vieții noastre mentale. Cei mai mulți dintre noi acceptă teza că viața mentală este totalmente condiționată de buna funcționare a creierelor noastre, dar aceasta nu înseamnă că poate fi susținută vreo teză strictă cu privire la reducția evenimentelor mentale la evenimentele cerebrale. Există aici un aspect particular pe care aș vrea să-l evidențiez în legătură cu discuția despre software și hardware.

Cînd programele de calculator sînt de tip adaptiv, iar mașinilor li se cere să învețe, o trăsătură a programelor este aceea că nu putem prezice exact secvența de instrucțiuni pe care le execută. Survin evenimente aleatoare, probleme speciale legate de timpul de execuție, de producerea cu exactitate a unor evenimente externe etc., care afectează procesele ce au loc și prin urmare au impact asupra programelor, care sînt scrise fără o intervenție externă. Mi se pare că acest caz este foarte convingător în privința fenomenului similar ce are loc în ființele umane. Creierele noastre au multe caracteristici fiziologice comune, dar felul în care software-ul evenimentelor mentale este scris în acest hardware variază enorm de la individ la individ. Presupun că nu există o similitudine fizică perfectă între modul în care stochez eu cuvîntul *calculator* și modul în care îl stochează orice altă persoană. Dacă examinăm numai structura fizică a creierului, nu vom fi capabili să identificăm nici o înmagazinare de memorie particulară, tot așa cum nu putem face aceasta în cazul mult mai simplu și mult mai bine înțeles al calculatoarelor. Prin examinare fizică nu putem soluționa nici măcar chestiuni foarte brute, ca aceea dacă o persoană a cărei

memorie presupunem că ne e cunoscută din punct de vedere fizic, vorbește engleză sau chineză. Nu putem spune, în urma examinării fizice, dacă respectiva persoană este poet sau inginer și dacă are acele tipuri diferite de memorie pe care le-am putea asocia celor două profesiuni atît de deosebite. Nu e locul să elaborăm aici argumentarea cea mai riguroasă cu putință, dar mi se pare că, din multe considerente diferite, este rezonabil să credem că software-ul mintal al fiecărui individ este grefat [imbedded] într-un mod strict idiosincratic în hardware-ul fiziologic al acelui individ. Există metode de stocare a informației în calculatoare care duc la rezultate similare aparent haotice. Un bun exemplu ar putea fi acela al codării hash [hash coding], în cazul căreia ceea ce este stocat este împrăștiat într-un mod pe care nu voi încerca să-l descriu aici în detaliu și care are ca efect faptul că ar fi extrem de dificil, dacă nu chiar imposibil, să determinăm prin examinarea fizică a mijloacelor de stocare ce naiba a fost stocat acolo în termeni de programe și de informație.

Și astfel, aș vrea să susțin că nu există nici un fel de unitate a științei la nivelul creierului și minții. Vor exista, desigur, conexiuni, așa cum există conexiuni între fizică și hidrodinamică celulelor. Acele conexiuni nu reprezintă însă nimic de genul unei conexiuni reductive în sens tare. Istoria mintală vie și interesantă a unui individ poate fi cunoscută numai pe căi mintale și niciodată, în toate amănuntele ei importante, pe căi fiziologice.

Chiar această linie de argumentare face din psihologie o știință tot atît de fundamentală ca fizica. Cu diferite prilejuri au fost susținute păreri greșite despre reducția psihologiei la fiziologie sau, în termeni și mai îndrăzneți, a psihologiei la fizică. Mi se pare că nimic nu este mai departe de adevăr, iar absența oricărei dovezi în favoarea reducției este cauza faptului că tezele cu privire la behaviorism rămîn importante. Conceptele psihologice, deprinderile com-

plexe și, într-o terminologie încă mai tradițională, evenimentele mintale, cel puțin așa cum au loc la alte persoane și la alte animale, pot fi cunoscute numai pe bază de dovezi comportamentale. Aceste dovezi nu pot fi obținute prin examinarea chimică sau fizică a celulelor corpului. Behaviorismul, ca una din metodologiile fundamentale ale psihologiei, rămîne, în acest caz, în picioare. Aceasta nu înseamnă însă că, pe de altă parte, teza reducționistă a behaviorismului ar putea fi acceptată. Noi nu vom reduce evenimentele mintale la o caracterizare în termeni pur comportamentali. Depindem de faptele de comportament în înțelegerea evenimentelor mintale, dar aceste fapte nu oferă condiții definiționale adecvate.

Există în aceste trei exemple un aspect comparativ de care depinde o argumentare clasică cu privire la relația dintre fizică și psihologie. Este un lucru obișnuit pentru mulți filosofi să susțină că psihologia este un subiect foarte diferit de fizică și că teoria predicției evenimentelor individuale nu este posibilă în psihologie în felul în care ea este posibilă în fizică. Exemplele pe care tocmai le-am discutat argumentează cu putere împotriva oricărei apărări simple a acestui argument. Cercetările clasice, dar în special cele recente, asupra sistemelor fizice simple arată că predicția individuală nu intră în discuție pentru multe sisteme fizice, din cauza unor motive de fond menționate anterior, legate de instabilitate. Pe de altă parte, posibilitatea de a prezice comportamentul individual este una dintre trăsăturile cele mai importante ale interacțiunilor umane. Fără această capacitate de a prezice comportamentul uman nu ar fi posibilă interacțiunea socială din punctul de vedere al celei mai mari părți a ceea ce noi concepem ca fiind planificarea și exercițiul prudenței. Rațiunea ascunsă a acestui fapt este una fundamentală. Pentru multe și felurite motive, există în sistemele biologice o stabilitate care lipsește adesea din sistemele fizice simple. Această prezență a stabilității structurale face predicția posibilă și

este una dintre cele mai uimitoare trăsături a sistemelor biologice. Poate că în secolul următor vom ajunge să gîndim psihologia ca pe o știință cu o capacitate predictivă mai mare decît fizica. În momentul de față putem afirma aceasta numai într-un sens ironic, dar exemplele pe care le-am discutat sugerează o serie de motive pentru care s-ar putea ca situația să se schimbe.

7

LIMBAJUL

Există o bogată istorie a metodologiei statistice aplicate în lingvistică, dar din diverse motive cam din 1960 utilizarea acestei metodologii nu se află în grațiile lingviștilor. Ea nu a avut niciodată partizani serioși printre filosofii limbajului. Nu intenționez să examinez aici toate meandrele acestei istorii, ale cărei detalii sînt destul de îndepărtate de temele mele principale. Problemele conceptuale puse de această literatură sînt îndeajuns de subtile și de tehnice în felul lor pentru ca examinarea cît de cît detaliată a acestora să ocupe tot spațiul de care dispun. În plus, simpatizez cu o parte din criticile adresate metodologiei statistice timpurii utilizate în lingvistică și nu vreau în nici un caz să-mi întemeiez pe aceste lucrări pledoaria în favoarea caracterului fundamental al aspectelor probabiliste ale limbajului.

Principala mea teză cu privire la limbaj va fi apreciată de mulți ca radicală și inacceptabilă. Ea susține că trăsăturile probabiliste sînt esențiale pentru toate aspectele mai importante ale limbajului: fonologie, sintaxă, înțeles [meaning] și prozodie. Din perspectivă filosofică, tezele cu privire la înțeles sînt cele care se abat cel mai mult de la opiniile dominante în filosofia limbajului din ultimele cîteva decenii. Voi începe cu aspectele fonologice ale producerii și receptării vorbirii, apoi voi trece la gramatică și voi dedica

ultima jumătate a capitolului semanticii și înțelesului. Rezultatele cu privire la prozodie vor apărea pretutindeni de-a lungul capitolului.

Producerea și receptarea vorbirii

Există cel puțin patru nivele de unități [lingvistice] care au fost mult discutate atît din punct de vedere teoretic cît și experimental, în tentativa de a înțelege procesele de producere și recunoaștere a vorbirii. Fiecare dintre aceste nivele poate fi descris într-o manieră discretă, dar, așa cum voi argumenta în continuare, acest caracter discret nu e decît o aproximare brută a datelor empirice complexe care prezintă un caracter continuu. Plecînd de jos în sus, ca să zicem așa, cele patru nivele sînt: trăsăturile distinctive, fonemele, silabele și cuvintele. Nu există, desigur, nimic secret din punct de vedere metafizic sau conceptual în legătură cu aceste patru nivele. Au fost propuse cîteva variante și ar fi ușor de conceput altele noi, dar chestiunile ce vor fi examinate aici pot fi elucidate prin rămînerea la aceste patru nivele; ele au avantajul de a fi fost pe larg discutate în literatura lingvistică, psihologică și tehnică privitoare la producerea și receptarea vorbirii.

La orice nivel de structurare a unităților ne-am concentra analiza, datele de bază sînt cam tot atît de complexe ca și în orice alt domeniu al științei. Aparatul vocal al omului, care produce sunetele dorite sub controlul sistemului nervos central, are o configurație care este un coșmar din perspectiva oricărei teorii fizice clare sau simple cu privire la producerea sunetelor. Subtilele contorsiuni produse în mod dinamic sînt și mai descurajatoare. Există puține speranțe să avem o teorie deterministă complet detaliată a acțiunii sistemului muscular care produce undele sonore [sound pressure waves] ce constituie vorbirea. Aparatul de recepție, plecînd de la pavi-

lionul urechii, prin urechea mijlocie, pînă la melc, este pur și simplu un coșmar fizic la fel de mare din punctul de vedere al oricărei tentative de înțelegere deplină a felului în care este prelucrată unda sonoră ce constituie vorbirea.

La fel de complexe și subtile sînt interacțiunile dintre cele patru nivele însele, ca și dintre acestea și nivelele „superioare" ale gramaticii și semanticii. Nu putem intra acum în detaliile factuale sau speculative ale acestor interacțiuni, dar există un aspect conceptual care trebuie subliniat. Sistemele de limbaj se dezvoltă ca un tot unitar. Nu se edifică mai întîi un anume nivel, apoi următorul ș.a.m.d. Nu există o ontologie ultimă, de bază, a trăsăturilor distinctive sau fonemelor. Dar descrierea dezvoltării solidare și a interacțiunii diferitelor nivele, ce sînt distinse numai pentru scopurile analizei, este deocamdată ceva ce abia a început să se dezvolte într-o manieră efectiv științifică.

Trăsăturile distinctive. Așa cum au fost formulate inițial de Fant (1960), principalele trăsături distinctive ale fonemelor sînt următoarele perechi contrastante: vocalic — nevocalic, consonantic — neconsonantic, compact — difuz, grav — acut, plat [flat] — neted [plane], aspru [sharp] — neted [plane], încordat — lax sau, în sfîrșit, stridențe — dulce. Două probleme dominante par a caracteriza orice analiză, făcută din perspectiva trăsăturilor distinctive, a undelor acustice care ajung la urechea receptorului. Pentru simplitate, mă voi abține, în această discuție, de la alte remarci de detaliu cu privire la producerea vorbirii în aparatul vocal. O primă problemă este aceea de a dovedi dacă trăsăturile distinctive pot fi caracterizate în mod obiectiv ca invarianți ai semnalului acustic. Din punct de vedere acustic, care este oare trăsătura invariantă a undei sonore ce mă determină să spun că avem de-a face, de exemplu, cu o trăsătură distinctivă vocalică? Cea de-a doua problemă se referă la posibilitatea de arăta că unda sonoră, avînd un

caracter continuu de-a lungul unui scurt interval de timp, poate fi analizată în mod adecvat cu ajutorul unui număr unic și finit de trăsături distinctive. Este ușor de văzut cum prima problemă poate fi rezolvată printr-o demonstrație de invarianță a unei liste date de trăsături, dar în acest caz s-ar putea ca lista să nu se dovedească adecvată pentru rezolvarea celei de-a doua probleme.

Fonemele. Trăsăturile distinctive sînt menite să ofere o analiză discretă a fonemelor, care sînt ele însele „unități" sonore ce durează un interval scurt de timp. În mod asemănător, se presupune că fonemele oferă o analiză temporală discretă a undei sonore a unei întregi rostiri [utterance]. Trăsăturile distinctive ale unui fonem apar în esență simultan; fonemele unei rostiri apar în succesiune temporală. În principiu, sunetul fonemic ar trebui să fie capabil să reducă unda sonoră continuă la o secvență lineară finită de foneme. Că o asemenea reducere drastică poate fi făcută e o idee foarte îndrăgită de mulți lingviști. Dar apariția unor dificultăți similare acelora care au grevat tezele cu privire la trăsăturile distinctive este astăzi larg recunoscută. Este vorba de probleme legate de invarianță și segmentare. Analiza spectografică și alte tipuri de analiză fizică a sunetelor vorbirii arată că nu se poate face nici un fel de identificare corespunzătoare a invarianților pentru un scurt interval de timp dat care să corespundă unui anume fonem și, în mod similar, că nu există o marcare netă, sau măcar fină, a segmentării în unități fonemice distincte (pentru o bună discuție a acestor rezultate, vezi Pisoni și Sawusch, 1975).

Complexitatea fenomenelor de percepție a vorbirii sugerează, în același timp, că în orice teorie adecvată considerațiile probabiliste vor fi esențiale. Nu e cel mai potrivit lucru să avansăm aici o argumentare detaliată, dar, pentru că teoria lingvistică este în mod implicit într-o atît de mare măsură deterministă și discretă, e

importantă să spunem de ce asemenea concepții par incorecte și, mai presus de toate, nepromițătoare pentru dezvoltări ulterioare [1]. Un argument în favoarea a ceea ce susțin eu se bazează pe multiplele experimente care prezintă efectele semnificative exercitate de contextul social, de ritmul și idiolectul vorbitorului precum și de altele asemănătoare asupra percepției vorbirii. Aceste multiple efecte contextuale sugerează că orice model-șablon de tip determinist, atît al trăsăturilor distinctive cît și al fonemelor, este sortit eșecului. Un al doilea argument, desigur, nedecisiv, dar cu o anume greutate, este următorul. În vasta literatură matematică și cantitativă despre analiza și sinteza numerică a vorbirii, trăsăturile distinctive și fonemele sînt puțin menționate. Principalii parametri estimați și teoretizați sînt aceia de formant și frecvență fundamentală. Un formant este, în esență, o componentă sinusoidală a undei sonore produse de aparatul vocal. Pentru un aparat vocal mediu vor exista trei sau patru formanți identificabili în limita unor frecvențe de pînă la 3 000 hertzi — frecvența de tăiere a majorității transmisiilor telefonice curente — și patru sau cinci pînă la 5 000 de hertzi. Frecvența fundamentală este inversa duratei dintre deschiderea și închiderea cutelor vocale de la baza aparatului vocal [pitch period]. Formanții și frecvențele fundamentale sînt estimate, în domeniul datelor referitoare la vorbire, prin metode de eșantionare. Considerațiile probabiliste sînt prezente implicit în întregul

[1] Într-un spirit diferit, dar într-o analogie clară, aceeași tendință spre discretizare este prezentă și în mecanica cuantică. În binecunoscuta axiomatizare a lui Mackey (1963), operatorii considerați sînt reduși la aceia ce corespund evenimentelor, adică întrebări de tipul da-nu. Imaginați-vă studiind, din punct de vedere fizic, traiectoria continuă a unei particule cu un astfel de aparat. El este bun pentru studiul fundamentelor, dar nu pentru a ataca probleme complexe. Aceeași tendință este prezentă în teoria probabilităților, în aplicațiile ei complexe, de la algebra evenimentelor pînă la distribuțiile continue (sau, cel puțin, continue pe porțiuni).

proces. (Pentru o prezentare tehnică clară a metodelor de analiză, vezi Markel și Gray, 1976.)

Silabele și cuvintele. Aceleași probleme de invarianță și segmentare domină orice teorie deterministă simplă menită să identifice silabele sau cuvintele în unda sonoră. Este deosebit de important să se rețină că limitele unui cuvînt nu sînt nici pe departe bine marcate în vorbirea fluentă. La drept vorbind, chiar conceptul de limită exactă pare inaplicabil.

Argumentele pe care le-am oferit nu demonstrează într-o manieră decisivă că teoriile deterministe ale producerii și recunoașterii trăsăturilor distinctive, fonemelor, silabelor sau cuvintelor ar fi imposibile. Dar argumentele cu privire la continuitate și complexitate au o mare importanță practică în construcția efectivă a teoriilor. Ar fi, cred, cu totul surprinzător dacă s-ar dovedi că orice alt fel de teorie, cu excepția celor probabiliste, funcționează în fapt.

Gramatica

Deși nu există o gramatică întru totul adecvată pentru o parte substanțială a unui limbaj natural oarecare, a luat naștere totuși, o dezbatere viguroasă și polemică despre cum să alegem între gramatici aflate în competiție. Din cînd în cînd, au fost sugerate anumite criterii de simplitate, în calitate de criterii științifice sistematice de selecție. Absența unor astfel de criterii sistematice de simplitate în alte domenii ale științei a generat inevitabile îndoieli cu privire la putința de a construi asemenea criterii pentru selecția unei gramatici. Deși o discuție neformală și intuitivă a simplității este adesea inclusă în procesul de selectare a teoriilor sau modelelor în fizică ori în alte ramuri ale științei, nu există o literatură sistematică serioasă cu privire la problemele măsurării simplității teoriilor. Nu există nici o

literatură sistematică despre criteriile de simplitate utilizate concret pentru a alege între mai multe teorii. Există mai multe raţiuni care explică această situaţie, dar probabil cea mai presantă dintre ele este aceea că utilizarea unor criterii mai evident obiective lasă puţin loc pentru adăugarea de noi criterii de simplitate. Teza centrală a acestei secţiuni este următoarea: anumite criterii probabiliste obiective avînd o natură ştiinţifică standard pot fi utilizate pentru a selecta o gramatică. (Ideile expuse au fost propuse iniţial în Suppes, 1970 a.)

Fără îndoială, ideea generală de a lua în considerare distribuţia tipurilor lingvistice într-un corpus dat nu este nouă. Oricui îi este familiar remarcabilul acord dintre legea lui Zipf şi distribuţia frecvenţelor cuvintelor în aproape orice eşantion reprezentativ al unui limbaj natural. Acordul empiric al acestor distribuţii cu legea lui Zipf nu este disputat, deşi o literatură bogată şi plină de controverse vizează problema celor mai potrivite supoziţii, de tip calitativ şi elementar, din care să poată fi derivată legea. În timp ce există, cred, un acord general cu privire la adecvarea empirică aproximativă a legii lui Zipf, nimeni nu susţine că o descriere probabilistă a repartiţiei frecvenţelor cuvintelor într-un corpus este, într-un fel, o explicaţie ultimă a modului cum sînt utilizate cuvintele sau a motivului pentru care sînt utilizate atunci cînd sînt. În acelaşi sens, în prezenta discuţie asupra gramaticilor probabiliste eu nu susţin că repartiţia frecvenţelor tipurilor gramaticale oferă o descriere ultimă a felului în care este utilizat limbajul sau a scopului în care e produsă o anumită rostire. Totuşi, pare corect să se susţină că generarea frecvenţelor relative ale rostirilor este o condiţie adecvată ce poate fi impusă unei gramatici generative pentru un corpus.

Dată fiind importanţa acestui ultim aspect, daţi-mi voie să-l dezvolt. S-ar putea susţine că frecvenţele relative ale rostirilor gramaticale nu sînt mai caracteristice pentru gramatică decît

sînt frecvențele relative ale formelor pentru geometrie. Fără îndoială, într-un anumit sens, această afirmație e corectă. Dacă sîntem preocupați, pe de o parte, doar de relația matematică dintre limbajele formale și tipurile de automate care pot genera aceste limbaje, atunci există o întreagă mulțime de chestiuni matematice pentru care frecvențele relative sînt irelevante. În același fel, în axiomatizările standard ale geometriei sîntem preocupați numai de reprezentările geometriei și ale invarianților ei, nu de frecvența efectivă a repartiției figurilor în natură. De fapt, recunoaștem cu toții că astfel de probleme sînt străine atît spiritului geometriei clasice cît și celui al geometriei moderne. Pe de altă parte, însă, cînd avem de-a face cu fizica obiectelor din natură apar multe aspecte, de o importanță fundamentală, legate de configurații și de frecvențele lor, începînd cu discutarea configurației norilor și a ratiunilor ei și terminînd cu configurația spațială a unor molecule organice mari și complexe cum sînt proteinele.

Din punctul de vedere al aplicațiilor empirice, unul dintre cele mai nesatisfăcătoare aspecte ale teoriei pur formale a gramaticilor este că nu se face nici o distincție între rostirile de lungime obișnuită și rostirile arbitrar de lungi, ca de exemplu cele cu mai mult de 10^{50} cuvinte. Una dintre trăsăturile cele mai evidente și mai fundamentale ale vorbirii orale reale ori ale textului scris o constituie repartiția lungimii rostirilor și limitele relativ severe în ce privește gradul de complexitate al rostirilor, și aceasta din cauza uzului foarte restrîns al scufundărilor sau al altor procedee recursive. A nu ține seamă de aceste fapte ce privesc lungimea rostirilor și limitările impuse complexității înseamnă a ignora două aspecte majore ale vorbirii și scrierii reale. Așa cum vom vedea, una dintre virtuțile gramaticii probabiliste este că ea se poate ocupa direct de aceste trăsături esențiale ale limbajului.

Un alt mod de a pune problema este acesta: în orice aplicare a conceptelor la un domeniu

empiric complex există întotdeauna un grad de incertitudine cu privire la nivelul de abstractizare pe care-l vom putea atinge. În mecanică, de exemplu, nu se ține seamă de culoarea obiectelor și nu se consideră de responsabilitatea mecanicii predicția culorii obiectelor. (Mă refer aici la mecanica clasică, căci altfel predicția respectivă ar putea fi considerată ca ținînd de responsabilitatea mecanicii cuantice.) Numai că ignorarea unor trăsături importante ale fenomenelor empirice este, cu siguranță, în toate cazurile, un defect și nu o virtute. Noi ignorăm unele trăsături importante pentru că e dificil să le explicăm, și nu pentru că ele ar fi neinteresante sau neadecvate pentru cercetare. În cazul gramaticilor, trăsături ca lungimea și complexitatea rostirilor par a fi centrale; repartiția acestor trăsături este de primă importanță în înțelegerea naturii utilizării reale a limbajului.

Un tip diferit de obiecție la adresa gramaticilor probabiliste, considerate în stadiul actual de cercetare, ar putea fi următorul. Se acceptă de către toate părțile că nu există pentru nici o porțiune substanțială a nici unui limbaj natural o gramatică adecvată, în sensul că dă seama pur și simplu de structura gramaticală a expresiilor propoziționale. Uneori se fac afirmații extravagante în sens contrar de către vreun apărător fervent al cutărei sau cutărei școli de gîndire gramaticală, dar multiplele probleme încă nerezolvate sînt recunoscute de persoanele cu judecată, indiferent de convingerile lor teoretice. Ținînd seamă de absența chiar și a unei singure gramatici adecvate, care e oare sensul impunerii unui criteriu mai strict pentru a da seama și de frecvența relativă a rostirilor? S-ar putea susține că, pînă cînd va exista cel puțin o gramatică adecvată, nu e nevoie să ne preocupăm de un criteriu probabilist de alegere. Răspunsul meu la o asemenea susținere este următorul: abordarea probabilistă este menită mai degrabă să completeze decît să concureze cercetările tradiționale în privința structurilor gramaticale.

Ampla și subtila literatură lingvistică consacrată unor trăsături importante ale sintaxei limbajului natural constituie un stoc de materiale important și durabil. Pentru a împrumuta o analogie din domeniul meteorologiei, o măsură probabilistă a adecvării unei gramatici stă față de analiza lingvistică obișnuită a unor trăsături particulare, cum ar fi substantivizarea verbului sau construcțiile negative, în aceeași relație ca și meteorologia dinamică față de observarea clasică a norilor. În timp ce meteorologia dinamică poate prezice mișcarea macroscopică a fronturilor, ea nu poate prezice configurația exactă a norilor cumulus, de timp frumos, sau a celor cumulonimbus, de furtună. Altfel spus, un obiectiv al gramaticii probabiliste este acela de a da seama, cu ajutorul unei gramatici relativ simple, de un mare procent din elementele unui corpus și de a izola cazurile deviante, care cer o analiză și o explicație suplimentare. În prezent, principala tendință în lingvistică este de a cerceta cazurile deviante și a ignora încercarea de a trata cantitativ acea parte a corpusului care poate fi analizată în termeni relativ simpli.

O altă trăsătură demnă de reținut a gramaticilor probabiliste este aceea că ele fac posibilă generarea de tipuri gramaticale care nu apar într-un corpus dat. Putem adopta o atitudine tolerantă față de rostirile situate la granița acceptabilității gramaticale cîtă vreme ele au o frecvență relativă scăzută. Problema este că obiectivul modelului probabilist nu este doar acela de a descrie corpusul finit de vorbire orală sau de text scris luat ca bază pentru estimarea parametrilor modelului, ci de a-l folosi ca eșantion la inferarea, în maniera probabilistă standard, a valorilor parametrilor pentru o „populație" mai largă, virtual infinită. De multe ori, par să fi existat confuzii în legătură cu acest aspect. Nu o dată s-a susținut cu seriozitate că pentru un corpus finit se poate scrie o gramatică avînd o regulă separată de rescriere pentru fiecare propoziție terminală. Cîtă vreme se caută însă o

gramatică probabilistă, această propunere este ușor de respins. O metodă în acest scop este aplicarea unui test probabilist standard pentru a stabili dacă în eșantion au fost observate probabilități veritabile. Desfășurăm apoi o analiză cu jumătăți [split half analysis] și se cere ca în cazul schimbării eșantioanelor să se obțină aceleași estimații în două jumătăți de corpus selectate aleator.

Un alt element de confuzie ce domnește printre unii lingviști și filosofi cu care am discutat metodologia adaptării gramaticilor probabiliste la date este credința că un soi de scamatorie este implicată în estimarea parametrilor unei gramatici probabiliste din însești datele pe care ea e menită să le prezică. La o privire superficială, s-ar părea că predicțiile trebuie să fie întotdeauna bune și deci nu prea interesante deoarece parametrii sînt estimați din însești datele pentru a căror predicție ei sînt utilizați. Dar aceasta înseamnă a interpreta greșit multiplele moduri diferite în care poate fi jucat jocul predicției. Fără îndoială, dacă numărul parametrilor e egal cu numărul predicțiilor, rezultatele nu sînt prea interesante. Pe de altă parte, cu cît numărul predicțiilor îl depășește pe cel al parametrilor, cu atît crește interesul față de predicțiile teoriei. Pentru a convinge pe un coleg lingvist de larga aplicabilitate a tehnicilor de estimare a parametrilor din datele pe care ei le prezic și faptul că o asemenea estimare nu este o formă de știință neonestă din punct de vedere intelectual, i-am atras atenția că în procesul de studiere a mișcării sistemului mecanic simplu format din Pămînt, Lună și Soare trebuie să fie estimați din date cel puțin nouă parametri de poziție și nouă parametri de viteză sau de impuls, ca și parametri de masă (situația reală fiind și mai complicată); cu toate acestea, oricine va fi de acord că, în acest caz, avem de-a face cu o știință „onestă".

În legătură cu aceasta trebuie menționată o a treia confuzie comisă de unii lingviști. Utilizarea

unei gramatici probabiliste nu antrenează în nici un fel apelul la dependențele markoviene finite în secvența temporală a vorbirii orale, lucru lămurit de două aspecte ale acestor gramatici. Mai întîi, în general, aceste gramatici generează un proces stocastic care este un lanț de ordin infinit pe vocabularul terminal și nu un proces Markov finit. În al doilea rînd, parametrii probabiliști sînt legați direct de generarea șirurilor neterminale de categorii sintactice. Procesul este markovian numai la nivelul structurii teoretice.

Scopul nostru a fost acela de a defini cadrul în care sînt posibile cercetări empirice asupra gramaticilor probabiliste și de a schița modul în care se poate face asta. În secțiunea următoare voi da un exemplu simplu, un exemplu realmente banal, de gramatică probabilistă, pentru a ilustra, fără complicații, metodologia. Detaliile tehnice ale estimării parametrilor, ca și un exemplu mai realist, vor fi date în anexa la acest capitol.

Competență și performanță. O trăsătură importantă a literaturii lingvistice în materie de sintaxă este aceea a rolului proeminent atribuit teoriei competenței. Aproximativ vorbind, această teorie este definită ca o teorie a limbajului în sine, aparte de considerațiile cu privire la felul în care el este achiziționat și folosit de vorbitori și ascultători. Se poate presupune că scopul major al teoriei competenței este acela de a dezvolta o teorie a sintaxei, semanticii și fonologiei pentru un limbaj natural vorbit sau pentru o clasă de limbaje. Fiind mai abordabile, problemele dezvoltării unei teorii a sintaxei s-au bucurat de atenția cea mai mare. Vreau să-mi exprim, prin mai multe argumente, scepticismul cu privire la necesitatea acestei teorii atunci cînd ea se referă la utilizarea reală a limbajului.

Voi introduce primul meu argument prin analogie cu studiul și utilizarea matematicii. Formalizarea matematicii în cadrul unor limbaje

artificiale bine definite a constituit, timp de mai multe decenii, o parte importantă a cercetărilor asupra fundamentelor matematicii. În particular, odată ce un anumit domeniu al matematicii este formalizat într-un asemenea limbaj (adică limbajul formal este specificat, împreună cu regulile de inferență și axiomele nonlogice pentru matematică), un mare număr de chestiuni generale privitoare la domeniul în cauză pot fi discutate cu precizie. Există trei exemple care sugerează analogii cu problemele învățării limbajului. Primul se referă la faptul că este un lucru simplu, în cazul unui limbaj formalizat, să se dea o definiție recursivă a formulelor bine formate. Așa cum oricine recunoaște, asemenea definiții sînt mult mai simple decît gramaticile generative care par să fie cerute de limbajele naturale. Pare însă de asemenea adevărat că aceia care lucrează cu un asemenea limbaj logic folosesc rar definiția recursivă formală pentru a recunoaște dacă o expresie particulară este bine formată sau nu. În cazuri dificile sau discutabile se poate face apel la definiția formală; în mod tipic, însă, nu. În locul acesteia, indivizii par a utiliza ca directivă de recunoaștere o anume euristică explicit organizată.

O exemplificare simplă pentru cele spuse mai sus este următoarea. Să considerăm definiția recursivă a unei formule bine formate în logica propozițiilor. Fie expresia

$$(((p) \rightarrow (q))(.$$

Nici măcar novicele nu trebuie să aplice definiția formală a unei formule lucrînd din interior spre exterior și verificînd fiecare pas. Mai degrabă el poate recunoaște pe loc că expresia nu este o formulă. De ce ? Pentru că va observa imediat paranteza părăsită la extremitatea dreaptă a expresiei, și nu va trebui să cerceteze mai departe. Dacă oamenii recurg la euristică chiar și atunci cînd caracterizarea formală este relativ simplă, atunci *a fortiori* ne vom aștepta ca ei să adopte

această strategie și cînd sînt confruntați cu un limbaj ce are o gramatică generativă complexă.

Un al doilea exemplu, poate mai adecvat, e unul bine confirmat de experiența generală. El privește chestiunea descoperirii demonstrațiilor formale ale teoremelor. În principiu, este destul de simplu de dat un algoritm pentru toate demonstrațiile. Se începe, pur și simplu, cu enumerarea demonstrațiilor și, în cele din urmă, fiecare demonstrație va urma în această listă după un număr finit de predecesori. Astfel, dacă o anumită ipoteză este propusă ca teoremă, se poate începe enumerarea demonstrațiilor, iar dacă ipoteza este într-adevăr o teoremă ea va fi produsă, într-un anumit punct, ca rezultat al unei demonstrații. Dacă ipoteza nu este produsă ca rezultat al unei demonstrații, atunci această procedură nu va întemeia respectiva concluzie. Esențialul e, totuși, că orice demonstrație va fi produsă prin această procedură algoritmică simplă. Numai că nimeni nu va propune cu seriozitate acest algoritm ca o metodă practicabilă de a demonstra teoreme. Analogia cu învățarea unui limbaj nu trebuie împinsă prea departe, totuși chestiunea fundamentală e valabilă: anume că existența algoritmilor pentru găsirea demonstrațiilor sau existența gramaticilor formale pentru caracterizarea gramaticii unui limbaj natural garantează prea puțin că subiecții folosesc în fapt acești algoritmi particulari sau reguli generative ori că regulile au vreo relevanță majoră pentru metodele efective de învățare și utilizare a limbajului.

Un al treilea exemplu poate fi citat pentru a dezvolta această ultimă remarcă. El privește relația dintre teoria jocurilor și abilitatea reală de a juca un joc. Pentru un joc cu informație completă (de exemplu, șahul) se poate demonstra că există o strategie pură astfel încît, dacă ea este adoptată de un jucător, acesta este asigurat de cel puțin un anumit rezultat în fiecare joc. Iar pentru un joc cu informație incompletă (de exemplu, bridge-ul) există strategii aleatoare optimale pentru fiecare jucător. Mai mult, jocurile

menționate sînt în întregime finite, iar în cazul bridge-ului numărul total de licitații și jocuri nu este oricît de mare. Dar enumerarea completă a strategiilor pentru șah sau bridge depășește cu mult chiar și capacitatea celor mai bune calculatoare, iar calcularea analitică a strategiilor optimale este la fel de nepractică. Atunci, cum învață oamenii efectiv să joace șah sau bridge ? Este o întrebare la care nu putem răspunde în detaliu, dar se pare că există într-adevăr temeiuri concludente pentru a considera că teoria matematică a jocurilor e prea puțin relevantă pentru comportamentul uman efectiv manifestat în aceste jocuri mai complicate. Teoria jocurilor și teoria competenței sînt analoge în sensul următor: nici una nu intenționează să ia în considerare limitele capacității umane de prelucrare a informației și nici mnemotehnica și strategiile pe care oamenii le inventează pentru a-și utiliza mai eficient capacitățile.

În legătură cu acesta, voi prezenta două remarci subsidiare despre conceptul de infinit într-o teorie a competenței. Prima este menită să consemneze impresia că lingviștii preocupați de teoria competenței și de faptul că o gramatică generativă va genera o infinitate de expresii propoziționale sînt, mai degrabă, prea impresionați de această infinitate de posibilități. Din punctul de vedere al învățării și utilizării limbajului nu se face, în mod cert, o distincție categorică între o colecție de 10^{100} expresii propoziționale și o colecție infinită de expresii propoziționale. Un limbaj finit de mărimea indicată nu poate fi învățat prin nici o practică enumerativă. Dacă cineva intenționează să obiecteze împotriva unui limbaj care este finit dar, totuși, destul de vast, obiecția semnificativă nu este aceea că regulile de structurare a frazelor nu ar fi necesare, ci mai degrabă că impunerea unor limite finite creează dificultăți matematice în sistemul recursiv.

Vreau să mai citez o analogie pentru a-mi exprima scepticismul în legătură cu faptul că teoria competenței, așa cum este formulată

acum, va putea constitui un ajutor serios și sistematic în dezvoltarea unei teorii adecvate a performanței. Această analogie derivă din știința calculatoarelor. Cam cu un deceniu în urmă, mulți oameni au sperat cu naivitate că teoria funcțiilor recursive, așa cum a fost dezvoltată pe larg în logica matematică, ar fi de mare folos în fundamentarea teoriei calculatorului. Trebuie spus cinstit că aceasta s-a dovedit a nu fi așa, din rațiuni care par evidente. Teoria clasică a funcțiilor recursive antrenează domenii infinite și operații nelimitate, în timp ce teoria calculatoarelor reale este restrînsă necesarmente la sisteme finite limitate. Există motive serioase să credem că tocmai limitarea finitistă a calculatoarelor reale este responsabilă de absența unei aplicații mai profunde a teoriei funcțiilor recursive în știința calculatoarelor. După cum recunoaște toată lumea, avem o înțelegere relativ clară a limitărilor finitiste ale calculatoarelor construite în prezent și o înțelegere mult mai puțin fină a limitărilor finitiste ale puterilor umane de învățare și memorare. Totuși, existența limitărilor finitiste ale capacităților umane este un fapt prea evident pentru a fi demonstrat. Importanța acestor restricții finitiste este suficientă pentru a provoca bănuiala că teoria competenței ar putea fi irelevantă tocmai în măsura în care ea are de-a face cu o colecție infinită de obiecte.

Un motiv general al neglijării teoriei competenței este absența oricărui element probabilist din formulările curente ale acestei teorii. Am menționat deja o versiune simplificată a teoriei competenței — aceea în care se admit expresii propoziționale de lungime arbitrară. S-ar putea face o pledoarie în favoarea admiterii unor astfel de expresii dacă, în același timp, teoria competenței ar fi suficient de bogată pentru a permite derivarea repartiției de probabilități a expresiilor propoziționale. Cel mai simplu tip de repartiție marginală ar putea fi foarte bine exprimat în termeni de lungime a expresiilor propoziționale, și în acest caz este evident că pe măsură ce lungimea unei expresii propoziționale devine arbitrar

de mare măsura de probabilitate asociată expresiilor din această clasă va deveni arbitrar de mică, și aceasta pentru orice teorie rezonabilă. Pentru ca acest aspect să nu fie înțeles greșit, subliniez cuvîntul *marginal* din caracterizarea distribuțiilor. Cu greu ne putem aștepta ca o teorie adecvată a competenței care ia în considerare expresiile propoziționale, frazele, morfemele, fonemele etc. sub aspectul repartiției lor statistice să privească lungimea expresiilor propoziționale ca fiind fundamentală. Desigur, măsura de probabilitate asociată va fi funcție de structura expresiilor propoziționale. Totuși, repartiția marginală a lungimii expresiilor propoziționale ar trebui să aibă un caracter esențialmente unimodal, cu expresii propoziționale tot mai lungi avînd asociate probabilități tot mai mici. Conceptele probabiliste nu sînt, în nici un sens general, în conflict cu ideile despre competență, dar este greu de crezut că teoriile curente ale competenței vor căpăta caracter probabilist. Toate motivele expuse fac improbabilă speranța ca teoriile competenței să devină, cel puțin într-un termen scurt, înalt relevante pentru problemele utilizării reale a limbajului.

O gramatică simplă. Un exemplu simplu care ilustrează metodologia construirii și testării gramaticilor probabiliste este descris în detaliu în această secțiune. El nu a fost conceput ca suficient de complex pentru a se potrivi oricărui corpus real.

Este vorba de o gramatică independentă de context care poate fi rescrisă ușor ca o gramatică regulată. Cele cinci categorii sintactice sau semantice sînt chiar V_1, V_2, Adj, PN și N, unde V_1 este clasa verbelor intranzitive, V_2 clasa verbelor tranzitive sau a predicatelor cu două locuri, Adj este clasa adjectivelor, PN clasa substantivelor proprii și N clasa substantivelor comune. Vocabularul neterminal adițional constă din simbolurile S, NP, VP și AdjP. Mulțimea regulilor de producție constă din următoarele șapte reguli, plus regulile de rescriere pentru vocabularul terminal

care aparține uneia din cele cinci categorii. Probabilitatea de a utiliza vreuna din aceste reguli este precizată în dreapta. Astfel, deoarece regula 1 este obligatorie, probabilitatea de a o utiliza este 1. În generarea oricărei expresii propoziționale, fie regula 2, fie regula 3 trebuie să fie utilizată. De aici probabilitățile α și $1 - \alpha$, a căror sumă este 1, și așa mai departe pentru celelalte reguli.

Reguli de producție	Probabilitatea
1. $S \rightarrow NP + VP$	1
2. $VP \rightarrow V_1$	$1 - \alpha$
3. $VP \rightarrow V_2 + NP$	α
4. $NP \rightarrow PN$	$1 - \beta$
5. $NP \rightarrow AdjP + N$	β
6. $AdjP \rightarrow AdjP + Adj$	$1 - \gamma$
7. $AdjP \rightarrow Adj$	γ

Această gramatică probabilistă are trei parametri: α, β și γ, și probabilitatea fiecărui tip gramatical de expresie propozițională poate fi exprimată ca o funcție monomială de acești parametri. Tipurile gramaticale posibile (infinite la număr) se subordonează, toate, uneia dintre cele șase scheme care sînt enumerate în anexă.

Aplicații ale gramaticilor probabiliste. Deși, așa cum am argumentat deja, ideea unei gramatici întărite prin adăugarea de parametri probabiliști poate fi susținută pe temeiuri general teoretice, este totodată firesc să ne întrebăm și care e utilitatea acestei structuri adiționale în cazul unor chestiuni concrete. Voi considera două asemenea aplicații care consolidează și ele părerea că utilizarea limbajului este un fenomen profund probabilist.

Prima aplicație este aceea a dezambiguării. Atunci cînd, în calitate de ascultători, analizăm

[gramatical] rostirile în efortul de a le capta înțelesul, întîlnim deseori ambiguitatea. Structura de suprafață a unei rostiri poate avea mai mult de o interpretare gramaticală și în consecință mai mult de un înțeles. Există un celebru exemplu al lui Chomsky care ilustrează această chestiune. Enunțul *Flying planes can be dangerous* poate fi interpretat, evident, ca însemnînd fie că actul de a zbura al avioanelor [*flying* planes] poate fi periculos, fie că obiectele care sînt avioane în zbor [flying *planes*] pot fi periculoase. Pare plauzibil și firesc ca atunci cînd sînt confruntați cu o astfel de ambiguitate gramaticală ascultătorii să selecteze interpretarea cea mai verosimilă așa cum e aceasta determinată de contextul în care este auzită rostirea. Într-un mare număr de situații practice ceea ce pare verosimil nu poate fi convertit în certitudine pe baza datelor disponibile, în special în scurtul interval de timp care poate fi afectat înțelegerii unei rostiri așa cum apare aceasta în fluxul continuu al vorbirii. Cum calculul brut al verosimilității e făcut rapid — el incluzînd și identificarea cuvintelor individuale —, se comit greșeli, dar este una din funcțiile acestor calcule probabiliste să mențină erorile la un nivel controlabil.

Mi s-ar putea reproșa că nu am prezentat prea multe dovezi în favoarea concluziilor pe care le-am tras cu privire la rolul esențial jucat de probabilitate în dezambiguarea practică a rostirilor pe care le auzim sau le citim. Totuși, linia generală a argumentării pe care am prezentat-o pare aproape cu necesitate corectă. Nu este ușor de conceput o alternativă la maximizarea aproximativă a verosimilității, relativ la context, atunci cînd apare ambiguitatea și trebuie făcută o alegere[2].

[2] Pentru a sugera sensul rezultatelor cantitative obținute într-o aplicație simplă a ideilor tocmai discutate aici, citez informațiile cu privire la dezambiguarea probabilistă conținute în Suppes, Léveillé și Smith (1974). În corpusul copilului francez Philippe, discutat în anexa despre gramatică, au

Cea de-a doua aplicație privește însușirea limbajului de către copiii mici. Este indiscutabil că între 2 și 4 ani verbalizarea rostirilor de către copii devine tot mai complexă, aceasta fiind perioada celei mai semnificative dezvoltări a limbajului. Dar sînt posibile căi semnificativ diferite de a concepe cum are loc această dezvoltare. În plus, informațiile care pot fi adunate sînt atît de bogate și de complexe încît nici o teorie curentă nu poate da seama în detaliu de foarte multe aspecte ale atît de ușor observabilului comportament lingvistic. De fapt, există motive serioase să fim sceptici cu privire la faptul că o teorie deterministă adecvată va fi formulată vreodată.

O problemă tipică și importantă în legătură cu învățarea limbajului este aceea dacă regulile gramaticale noi ajung să fie însușite și utilizate de copil într-un mod brusc, intuitiv, de tipul totul sau nimic, sau prin acumulare treptată. Psiholingviștii care au fost puternic influențați de genul de abordare a dezvoltării cognitive asociat numelui lui Jean Piaget tind în mod firesc să favorizeze ideea stadiilor distincte, ceea ce constituie o formă de învățare de tipul totul sau nimic. Aceia care, ca și mine, cred că, în esență, toate deprinderile complexe sînt însușite gradual [incrementally] favorizează ipoteza alternativă.

Prin adăugarea de modele probabiliste alternative de învățare la gramaticile probabiliste, se poate edifica ușor un cadru teoretic pentru testarea acestor două abordări ale dezvoltării gramaticii la copil. Un exemplu detaliat de asemenea test este dat în anexa despre gramatică, dar morala de ordin general constă în faptul că se

---

existat 660 de tipuri ambigue relativ la gramatica construită, corespunzînd la 938 de instanțe particulare de asertare. Cînd a fost utilizată regula simplă de selectare a celei mai probabile analize gramaticale, 88 de tipuri (133 de instanțe particulare) au fost rezolvate într-o manieră nesatisfăcătoare intuitiv. Ținînd cont că modelul nu a făcut uz de situația semantică sau contextuală, ceea ce facem cu toții în practică, rezultatele sînt suficient de bune — peste 85% din tipuri sau instanțe fiind corect clasificate.

evidențiază astfel aplicabilitatea directă și naturală a conceptelor probabiliste la studiul unui nou fenomen lingvistic complex.

Înțeles și proceduri

Marile succese ale semanticii ansambliste în logica matematică și viguroasa tradiție — cel puțin de la Frege încoace — îndreptată împotriva psihologismului în logică au constituit baza argumentelor pentru o abordare similară a sintaxei și semanticii limbajului natural. Dacă se recunosc clar limitele specifice, multe pot fi, și au fost efectiv înfăptuite utilizînd metode ansambliste. Cîteva succese notabile sînt utilizarea restrictivă a definiției tarskiene a adevărului și analiza semantică a conceptelor modale și temporale.

Totuși, ca mijloc de explicare definitivă a înțelesului sau referinței semantica ansamblistă, în forma ei standard, este în mod clar inadecvată. Există mai multe căi diferite de a explicita această inadecvare. Asupra acestui punct sînt de acord cu Chomsky. Lingvistica înțeleasă în sens lat este o parte a psihologiei cognitive. Este un fapt surprinzător și important că atît de mult din limbajul matematicii și al științei poate fi analizat la un nivel formal aproape satisfăcător cu ajutorul semanticii ansambliste; dar psihologia utilizatorilor limbajului este puțin atinsă de această analiză. Nu numai logica, teoria mulțimilor și ramurile abstracte ale matematicii moderne, dar și discipline intuitive din punct de vedere fizic și perceptiv, ca geometria euclidiană sau cea proiectivă, pot primi o semantică ansamblistă foarte satisfăcătoare din punct de vedere formal. Relații geometrice ușor vizualizabile ca incidența punctului cu dreapta, intersecția dreptelor, separarea punctelor și congruența triunghiurilor au reprezentări ansambliste simple și naturale. Verbele obișnuite de percepție sau mișcare nu au. Nici numeroasele substantive și expresii ce descriu

stări emoționale sau atitudini propoziționale. Un excelent exemplu, foarte detaliat, de abordare procedurală a înțelesului, în special din punctul de vedere al teoriei psihologice a însușirii și utilizării limbajului, este acela oferit de Miller și Johnson-Laird (1976). Ei subliniază multiplele tipuri de proceduri pe care orice teorie adecvată trebuie să le încorporeze.

Dacă am fi capabili să dăm reprezentări ansambliste adecvate acestor cuvinte și expresii comune, ca și altora similare, atunci am putea fi, la fel ca și în cazul geometriei, cel puțin parțial mulțumiți cu o dietă ansamblistă, austeră, vegetariană, în ciuda faptului că știm că geometria „reală" și descoperirea faptelor geometrice netriviale nu depind deloc de teoria mulțimilor.

Dar, în cazul limbajului comun, meniul ansamblist nu oferă nici măcar conținutul nutritiv minim. E adevărat, putem beneficia de o anume cantitate de logică, dar terciul de cuantificatori și conectivi este prea diluat. Lipsesc din el, în cazul limbii engleze, nu numai cuvintele formate din patru litere, dar și foarte frecventele cuvinte, mult mai importante, formate din două litere: *to*, *in*, *of*, *on*, *at*, *by* și *as*. Semantica ansamblistă a oricăruia dintre aceste șapte cuvinte de două litere — sau a analogilor lor funcționali din alte limbi — este departe de a fi fost caracterizată în mod satisfăcător.

Ajunși în acest punct, ar fi rezonabil ca apărătorul semanticii ansambliste să răspundă că exigențele de tip ansamblist ale analizei sînt mult mai slabe decît cele procedurale; de exemplu, o funcție sau relație calculabile, avînd o anume reprezentare ansamblistă sub forma unei mulțimi de perechi ordonate, au în mod obișnuit o mulțime nelimitată de reprezentări procedurale relativ la o anume mulțime fixată de proceduri primitive. (Oricine a examinat vreodată programele de calculator ale studenților, scrise pentru a rezolva probleme de dificultate medie, va recunoaște justețea acestei susțineri.) Atunci, dacă nu putem

rezolva problema ansamblistă, mai slabă, de ce să o atacăm pe cea procedurală, mult mai tare ?

La nivel general, răspunsul e bine cunoscut. A venit timpul pentru un punct de plecare proaspăt. Mai mult, liniile directoare formale nonprobabiliste pentru un nou start sînt deja bine trasate prin contribuția a două direcții importante de cercetare care au fost urmate de cîtăva vreme. Direcția mai veche constă din identificarea și definirea mulțimii funcțiilor calculabile și a reprezentării lor în termeni de mașini Turing. Reprezentarea ansamblistă generală a funcțiilor calculabile este trivială și neinteresantă, dar reprezentările lor echivalente ca funcții parțial-recursive, Turing-calculabile ,etc. constituie unul dintre rezultatele cele mai remarcabile ale cercetării fundamentelor matematicii din secolul al XX-lea.

A doua direcție de cercetare, bazată pe programarea calculatoarelor, depinde într-o anume măsură, limitată, de cea dintîi, dar problemele de cel mai mare interes conceptual, ca, de pildă, eficiența compilatoarelor sau corectitudinea sistemelor de operare par să ceară concepte noi și specializate, care nu se găsesc în teoria generală a recursivității. Înainte de orice, se pare că semantica ansamblistă a fost de prea puțin ajutor atît în problemele practice de programare cît și în cele teoretice[3]. Ceea ce a fost important, cu adevărat fundamental, a fost conceptul de procedură sau subrutină, care a ocupat un loc central aproape de la început și pînă la recenta teorie a programării structurale. Unii psihologi cognitiviști — și, probabil, nici un filosof — vorbesc despre procedurile umane ca și cum omul ar fi un model de calculator obișnuit, pregătit pentru comercializare. Așa cum se va desprinde cu claritate din cele ce urmează, cred că există asemănări între procedurile umane și subrutinele calculatorului, dar

[3] Teoria modelelor pentru calculul lambda, dezvoltată în special de Dana Scott, poate avea, în viitor, aplicații importante în programare.

există de asemenea și multe deosebiri esențiale (vezi propoziția 6 de mai jos). În plus, ar trebui să fie clar că utilizarea unei analogii din domeniul calculatoarelor nu va rezolva automat multe dintre problemele rămase deschise în semantica ansamblistă a limbajului natural, de exemplu problema realizării unei analize adecvate a celor șapte cuvinte de cîte două litere menționate mai înainte. Totuși, ea oferă un cadru mai puternic pentru producerea și testarea de ipoteze cu privire la mecanismele de comunicare la care ne-am referit anterior.

Un ingredient esențial care încă lipsește este componenta probabilistă. O discuție sistematică cu privire la recursivitate sau la programele structurale este insuficientă. Comunicarea este un act probabilist. Ea este, de asemenea, un act psihic. Trăsătura caracteristică de primă instanță a comunicării este aceea de a comunica un înțeles cu scopul de a furniza o informație, a pune o întrebare, a emite o instrucțiune etc. De obicei nu e un lucru sigur dacă o tentativă de comunicare a avut succes sau nu. E o chestiune de probabilități dacă un vorbitor exprimă ceea ce a intenționat să exprime și, este de asemenea, o chestiune de probabilități modul în care ceea ce a exprimat el e receptat de către un ascultător. Vreau să dezvolt mai multe aspecte ale acestei teze care susține rolul conceptelor esențiale pe care-l joacă procesele probabiliste în înțelegere și comunicare.

În primul rînd, ceea ce afirm eu cu privire la comunicare nu este inconsistent cu semantica ansamblistă. Susțin mai degrabă că ar trebui ca noi concepte și propoziții să fie adăugate semanticii ansambliste pentru a o transforma într-o teorie, măcar schematică, a comunicării. Pentru a face o analogie, mecanica statistică nu e inconsistentă cu mecanica clasică. Particulele mecanicii statistice au poziție, viteză și forțe care acționează asupra lor, dar teoria în ansamblu cere ceva în plus, și anume supoziții probabiliste cu privire la repartițiile vitezelor și pozițiilor, și nu există

nici o cale de a deriva aceste repartiții din mecanica clasică. În același sens, nu există nici o posibilitate de a deriva din valorile fregeene de adevăr ale propozițiilor repartițiile de probabilitate relevante pentru utilizarea limbajului.

În al doilea rînd, simpla adăugare a probabilității sub forma, de pildă, a unei supoziții statistice generale nu dă naștere unei teorii serioase a comunicării. Ceea ce se cere este o mulțime de supoziții despre procesul comunicării, supoziții care au un sens psihologic cel puțin aproximativ și care definesc un proces stocastic structural ale cărui aspecte probabiliste decurg în mod firesc din supozițiile despre procesul comunicării. Cu cît sîntem mai siguri de detaliile acestei teorii, cu atît vor fi mai ferme fundamentele metafizice ale înțelesului pe care le putem construi. Desigur, în tradiția filosofică clasică discutată critic în capitolele anterioare e ușor să formulăm fundamentele în absența unei teorii satisfăcătoare. Teoria generală pe care o doresc eu nu este încă propriu-zis elaborată, și astfel ceea ce spun cu privire la metafizica înțelesului trebuie considerat sub semnul provizoriului și, fără îndoială, greșit în multe privințe esențiale. Consider însă important să critic anumite teorii standard ale înțelesului și să arăt care cred că este calea cea bună în tentativa de înlocuire a lor.

Ideea cheie, deja evocată, este aceea de a adopta o concepție procedurală despre semantică. Pentru a fi mai concret cu privire la cum ar urma să arate o semantică procedurală, mă voi opri la o seamă de propoziții pe care sînt pregătit să le susțin.

Cîteva propoziții generale cu privire la proceduri. Voi începe cu relația dintre proprietăți și proceduri.

Propoziția 1. *Proprietățile sînt abstracții ale procedurilor, așa cum extensiunile sînt abstracții ale proprietăților.*

Două proceduri diferite pot fi utilizate la testarea aceleiași proprietăți. De exemplu, putem găsi ușor două metode diferite de a decide dacă o anumită floare are proprietatea de a fi hibridă sau nu. Nu avem o teorie constructivă precisă a abstragerii proprietăților din proceduri, dar avem o mare cantitate de experiență în realizarea unor astfel de abstrageri în contexte obișnuite. Voi discuta mai tîrziu, în detaliu, acest aspect.

Propoziția 2. *În modul cel mai detaliat, înțelesul unui cuvînt, unei fraze [phrase] sau rostiri [utterance] este o procedură sau o colecție de proceduri.*

Astfel, pentru mine înțelesul cuvîntului *roșu* este procedura pe care o utilizez, într-un context dat, pentru a aplica acest termen. Am spus *înțelesul* și *procedura*, dar aceasta din cauză că includ parametrii contextuali în procedură și deci în înțeles. În multe privințe este mai sugestiv să vorbim despre proceduri distincte pentru aplicarea, utilizarea sau înțelegerea unui anumit cuvînt sau unei fraze alegînd — cel puțin în majoritatea cazurilor — varianta adecvată contextului, și aceasta este utilizarea pe care o voi susține în continuare.

Există, desigur, o tendință, atît în filosofie cît și în vorbirea obișnuită, de a utiliza un concept de asemănare a înțelesului [sameness of meaning] care este mult mai grosier decît acela asupra căruia insist eu. Astfel, cineva întreabă: „Ce înseamnă că un triunghi este isoscel ?" Răspunsul vine imediat: „Aceasta înseamnă același lucru cu a spune că două unghiuri interne ale triunghiului sînt egale". Dar, așa cum a arătat în repetate rînduri nesfîrșita literatură despre sinonimie și atitudinile propoziționale, conceptul de asemănare care operează în exemplul de mai sus este, de fapt, acela de parafrază semantică, adică un sens cu totul vag al asemănării. Ideea mea este că între parafraza semantică și sensul foarte individualizat al înțelesului din propoziția 2 nu există un teren solid pe care să poți sta. Cu sigu-

rantă că definiția pe care o susțin este contrară multor utilizări obișnuite de tipul indicat, dar cred că temeiurile teoretice sînt extrem de bune pentru a începe cu un sens foarte detaliat și privat al înțelesului, continuînd apoi cu abstractizarea unor sensuri mai brute, utilizînd relații de congruență adecvate. O astfel de teorie „geometrică" a înțelesului, care nu recunoaște nici o relație de congruență preferențială — tot așa cum nu există vreuna în geometrie —, este discutată detaliat mai jos, în special în legătură cu dificultatea legată de răspunsuri.

Propoziția 3. *În modul cel mai detaliat, înțelesul unui cuvînt, al unei fraze sau rostiri este privat și probabilist pentru fiecare individ în parte.*

Menirea acestei propoziții nu este de a nega importantele aspecte publice ale limbajului, ci de a reclama o teorie explicită a comunicării referitoare la felul în care ascultătorii îi înțeleg pe vorbitori și la felul în care vorbitorii verifică această înțelegere. Aspectul probabilist legat de caracterul privat al înțelesului se cere a fi subliniat. Procedura particulară utilizată într-o anume ocazie, atunci cînd un cuvînt e rostit sau auzit, nu este univoc determinată de context, ci rezultă adesea din asocieri accidentale curente, care influențează puternic selectarea acelei proceduri. În acest sens, înțelesul nu este o problemă aflată sub control conștient sau un obiect al selecției pur intenționale.

Din cauza inadecvărilor lor evidente, teoriile psihologice mai vechi ale înțelesului, construite în întregime pe principii asociaționiste, au fost responsabile de degradarea importanței acordate proceselor probabiliste de asociație din viața mentală a fiecăruia dintre noi. Nu e nevoie să împărtășim o teorie pur asociaționistă a înțelesului pentru a recunoaște locul central al asociației în gîndirea noastră. Acest aspect trebuie dezvoltat. Mai întîi, la fel ca majoritatea proceselor noastre de gîndire, producerea și receptarea rosti-

rilor verbale nu se află sub control conștient. Ele pot fi controlate conștient numai momentan și grație unor mari eforturi de concentrare. Într-adevăr, nu numai că procesele de gîndire nu pot fi controlate în amănunțime, dar ele nu pot fi nici măcar observate în mod conștient. Eu nu pot să mă autoobserv în procesul de recunoaștere a unei fețe familiare, a unui parfum cunoscut sau a vocii unei persoane pe care o îndrăgesc. Aceasta e valabil și pentru ceea ce se consideră a fi procese pur intelectuale, cum este procesul de găsire a unei demonstrații matematice. Există o masă considerabilă de dovezi din domeniul psihologiei care arată că ceea ce este accesibil conștiinței sînt rezultatele gîndirii, rareori procesele însele (pentru o bună prezentare a literaturii, vezi Nisbett și Wilson, 1977). În al doilea rînd, există o masă considerabilă de dovezi care demonstrează că mecanismele inconștiente de control care ghidează procesele noastre de gîndire utilizează într-un mod esențial principiile asociației, principii cu caracter intrinsec probabilist (pentru o discuție cuprinzătoare, vezi Anderson, 1976).

Pentru a evita neînțelegerile, doresc să reiterez importanța faptului de a conferi un loc adecvat conceptului de înțeles public sau lingvistic într-o teorie care consideră ca primitive procedurile private. În principiu, înțelesul public poate fi definit prin abstractizare din procedurile private, dar conversa nu e posibilă. Modele cu totul simple, care surprind anumite trăsături esențiale ale procedurilor private, pot fi construite pentru a arăta imposibilitatea de a defini procedurile private în termenii înțelesului public. Sînt, de asemenea, imposibil de explicat în termenii înțelesului public trăsăturile individuale idiosincratice ale utilizării limbajului așa cum sînt acestea reflectate, bunăoară, în dificultatea cu privire la răspunsuri discutată mai jos. E prezentă aici o analogie evidentă cu termodinamica și mecanica statistică. Temperatura termodinamică macroscopică a unui gaz, de exemplu, corespunde înțelesului public al unui

cuvînt, iar mişcările particulelor individuale corespund procedurilor private ale persoanelor individuale. O caracteristică importantă a acestei analogii este aceea că termodinamica poate fi construită pe baza mecanicii statistice, dar invers nu.

Propoziția 4. Înalta probabilitate a succesului comunicării depinde, între altele, de următorii factori:

4.1. Cuvintele, frazele şi rostirile ce ţin de limbajul vorbit, sînt identificate de vorbitor şi ascultător ca „fiind aceleaşi", prin urmare ca fiind în mod corespunzător congruente.

4.2. Procedurile reclamate de cuvinte sau fraze dau, relativ la contextul fixat, rezultate calculabile congruente, pentru vorbitor şi pentru ascultător.

4.3. Vorbitorul utilizează reacţiile non-verbale, ca şi pe cele verbale, ale ascultătorului pentru a stabili dacă cuvintele pe care le foloseşte îi cer lui şi ascultătorului proceduri congruente din punctul de vedere al rezultatului.

4.4. Cînd vorbitorul consideră că propriile sale cuvinte nu reclamă proceduri congruente din punctul de vedere al rezultatului, atunci el utilizează parafraze formate din cuvinte despre care crede că vor reclama proceduri congruente din punctul de vedere al rezultatului.

Căutarea unor proceduri congruente din punctul de vedere al rezultatului trebuie, de obicei, să se încheie cu succes pentru ca o bună comunicare să aibă loc.

Ceea ce am schiţat în propoziţia 4 este o teorie a comunicării. Ea este menită să traseze contururile modului în care trebuie să trecem de la înţelesul privat la comunicarea publică. Deşi, cu siguranţă, nu sînt în stare să formulez teoria într-o formă ştiinţifică satisfăcătoare, există cîteva remarci clarificatoare cu privire la diferite părţi ale propoziţiei 4 pe care aş vrea să le fac. În primul rînd, referitor la perceperea cuvintelor ca fiind aceleaşi de către vorbitor şi ascultător, aceasta este o condiţie netrivială necesară a co-

municării și, în cazul esențial al limbajului vorbit, necesită o teorie elaborată a felului în care este percepută asemănarea rostirilor. Chiar și aparițiile diferite ale aceluiași cuvînt într-o rostire dată pot avea proprietăți acustice foarte diferite, și nu este ușor să identifici trăsăturile invariante necesare pentru punerea în evidență a asemănării. De fapt, ar trebui să spunem că, la nivelul fundamentelor, teoria tuturor acestor chestiuni este departe de a fi corespunzător elaborată, așa cum s-a discutat deja mai sus, în acest capitol.

Punctul central al lui 4.2 este reclamarea de către vorbitor și ascultător a unor proceduri congruente din punctul de vedere al rezultatului. Ceea ce înțeleg eu prin proceduri *congruente din punctul de vedere al rezultatului* poate fi făcut mai explicit printr-un exemplu simplu de genul acelora deja evocate. Să considerăm două programe scrise pentru a calcula o anume funcție pentru un domeniu al datelor de intrare. Cele două programe sînt în mod clar neidentice; unul are 500 de instrucțiuni, celălalt 550. Mai important este însă că timpul de execuție (pe un calculator dat) este de 95 de milisecunde pentru unul și 135 de milisecunde pentru celălalt. Dar pentru orice intrare selectată din domeniul datelor de intrare cele două programe calculează întotdeauna același rezultat și astfel sînt congruente din punctul de vedere al rezultatului.

Să considerăm acum un vorbitor care discută cu un ascultător, să zicem cu un elev pe care îl învață artimetică. Vorbitorul spune „Privește acest număr" și, simultan, pune degetul pe numărul care este în capul unei coloane de numere. Procedura reclamată de aceste cuvinte ale vorbitorului nu este aceeași pentru ascultător — sau, cel puțin, ar avea puține șanse să fie aceeași —, dar în acest caz simplu cele două proceduri sînt congruente din punctul de vedere al rezultatului. Cazurile de acest tip reprezintă un aspect important în corecta formare a deprinderilor cum sînt cele vizînd matematica elementară sau citirea. Nu mai puțin important e faptul că un bun pro-

fesor utilizează 4.3 și 4.4 atunci cînd 4.2 eșuează. Faptul că textele scrise nu pot oferi mijloacele oferite de 4.3 pentru a ajuta comunicarea este, probabil, limita lor majoră.

Pe mine continuă să mă intereseze 4.2, și aș dori să examinez acum acele cazuri de conversație întîmplătoare în care potrivirea cognitivă dintre vorbitor și ascultător este mai puțin consistentă. Cînd se petrece așa ceva, sensul congruenței rezultatelor este grosier și vag, în acord cu teoria „geometrică" a înțelesului evocată mai sus, pentru care nu există un singur sens al sinonimiei sau congruenței.

Smith îi spune lui Jones: „Soția mea a venit ieri de la spital", iar Jones îi răspunde: „Sînt bucuros să aud asta". Sensul congruenței rezultatelor în acest schimb de cuvinte nu este ușor de precizat. Răspunsul lui Jones, concordant cu prelucrarea pe care a dat-o el enunțului lui Smith, reflectă simțămintele sale relativ la felul cum își imaginează — vizual sau, poate, propozițional — pe soția lui Smith venind acasă. Procedurile lui Smith sînt pline de detalii care lipsesc din cele ale lui Jones. În cazul prelucrării de către Smith a răspunsului lui Jones este necesară o potrivire de proceduri încă și mai vagă pentru a capta sensul bucuriei. În fapt, Smith va depinde, probabil, tot atît de mult de trăsăturile prozodice ale rostirii lui Jones și, probabil, de expresia lui facială pe cît va depinde de orice proceduri reclamate direct de cuvîntul *bucuros*. Și aceasta va fi aproape la fel de valabil și pentru procedurile de producere ale lui Jones. Caracterul acceptabil al acestui sens vag al congruenței este întărit de incapacitatea noastră actuală de a spune ceva interesant cu privire la semantica lui *bucuros* la un nivel mai abstract, ansamblist.

Să presupunem că, altădată, Smith îl întreabă pe Jones: „De ce, aproape întotdeauna, apa se scurge din bazine în direcția inversă mișcării acelor de ceasornic ?" (Smith trăiește în emisfera nordică). Smith este realmente pus în încurcătură de acest fenomen și nu știe cum să interpre-

teze răspunsul găsit într-o carte de meteorologie. Totuși, întrebarea sa evocă o procedură de răspuns existentă în propria-i minte. E vorba de o imagine picturală a apei care e răsucită mereu într-un anume fel. El își imaginează apa scurgîndu-se și atașează acestui fapt o cauză obscură. Mai apoi, este satisfăcut de explicația dată de Jones rotației în termeni de forță Coriolis generată de rotația Pămîntului — și chiar înțelege această explicație la nivel calitativ — pentru că ea se potrivește cu procedura sa calitativă, picturală.

Nu vreau să împing prea departe aceste exemplificări. Există o varietate de dovezi din domeniul psihologiei care arată că ceea ce este evocat de o problemă complicată poate varia enorm de la o persoană la alta. Unii indivizi par a nu avea aproape deloc memorie vizuală și, totodată, posedă o slabă înclinație pentru imaginația vizuală. În orice caz, în schița mea provizorie a proceselor de prelucrare internă la Smith și Jones am ignorat cea mai mare parte din ceea ce consider a fi metodologic și teoretic important, anume sinteza detaliată a procedurilor complexe pornind de la unele simple, așa cum se reflectă aceasta în prelucrarea propozițiilor complexe sau în construirea deprinderilor complexe din unele mai simple. Țin să subliniez că aproape întotdeauna această sinteză este realizată inconștient, tot așa cum procedurile ca înțelesuri sînt, de obicei, apelate automat, fără nici un efort deliberat sau conștient.

Dificultatea și caracterul evaziv ale unora dintre exemplele discutate cu privire la congruența rezultatelor pot sugera că aș crede că o teorie a acestor chestiuni nu este posibilă în prezent. Nu aceasta este însă ceea ce cred eu despre amintita situație, și doresc să spun răspicat că împărtășesc un oarecare optimism cu privire la șansele unei edificări teoretice. Așa cum am insistat nu numai în acest capitol, ci și în alte locuri din această carte, este fără speranță gîndul că teoria oricărui fenomen complex ar putea fi completă într-un sens serios al cuvîntului. Din faptul că

nu putem oferi o analiză teoretică satisfăcătoare a ceva atît de evaziv ca răspunsul dat de Jones lui Smith din exemplul anterior nu decurge că ar fi imposibil de dezvoltat o teorie trainică pentru multe alte cazuri. Este clar cum se poate proceda în cazul limbajului științific și în special al limbajelor de programare. Un tip mai important de exemplu menit să extindă domeniul discuției cu privire la congruența rezultatelor îl constituie marea varietate de situații sociale în care sînt prezentate fapte de tip comportamental incomparabil mai subtile, care dovedesc existența congruenței rezultatelor. De exemplu, cînd un profesor spune în clasă: „Priviți această diagramă", dovada *prima facie* a congruenței rezultatelor este furnizată de persoanele care se concentrează asupra diagramei numai după ce profesorul a adresat solicitarea. Elevii vor fi prelucrat solicitarea în moduri diferite, ea stîrnind o ușoară învolburare a diferitelor sentimente la diferite persoane, dar conformarea la solicitare e indicată de fenomenul observabil al concentrării atenției. Desigur, cineva înclinat spre înșelătorie poate satisface acest criteriu *prima facie* și să nu satisfacă un criteriu mai profund, dar acesta este un tip de problemă care apare la un nivel științific foarte general, nefiind specific doar cercetărilor asupra congruenței rezultatelor. Ori de cîte ori avem o persoană care satisface solicitarea alteia într-un mod care pare adecvat solicitantului, avem o dovadă *prima facie* clară a congruenței rezultatelor, și aceasta adeseori în situații în care detaliile complete ale solicitării se poate să nu fi fost complet înțelese și, cu siguranță, în multe situații în care unele nuanțe prozodice ale solicitării nu vor fi fost pătrunse.

Astfel, mi se pare că o teorie psihologică a congruenței rezultatelor poate fi elaborată pe căi ce nu intră în conflict, ci complementează, o teorie standard a congruenței rezultatelor edificată pentru astfel de cazuri strict științifice cum sînt programele de calculator. Punctul litigios al afirmațiilor mele cu privire la elaborarea

unei astfel de teorii psihologice este că ele oferă un temei în plus pentru a privi problemele de înțeles ca avînd un caracter profund psihologic. Susțin că multe dintre aspectele publice ale înțelesului așa cum sînt reflectate în congruența rezultatelor trebuie caracterizate în termeni de variabile psihologice și, în special, comportamentale.

Propoziția 5. *Semantica referențială ansamblistă clasică poate fi obținută, acolo unde este cazul, prin abstracție din semantica procedurală.*

Această propoziție, un caz special al propoziției 1, se aplică mai ales limbajului matematicii și al științelor teoretice. Există multe lucruri satisfăcătoare și corecte în teoria standard a modelelor. Deși ea nu a fost elaborată complet și adecvat pentru limbajul natural și pentru cel matematic neformal regăsibil chiar și în manualele elementare, sarcina nu pare imposibil de îndeplinit. Repet, exemplele cele mai evidente și directe sînt construite prin considerarea unor mulțimi de programe de calculator care calculează aceeași funcție matematică. Diversitatea posibilă a programelor e ușor de demonstrat. Drastica abstractizare reflectată de indicarea doar a funcției matematice care este calculată e evidentă.

Ținînd cont că procedurile sînt menite a fi aplicate la un domeniu de date posibile de intrare, putem, de asemenea, vedea ușor cum se poate deriva o semantică ansamblistă a lumilor posibile pentru atitudinile propoziționale, verbele intenționale, cuvintele care desemnează proprietăți etc. Dar abordarea procedurală, atunci cînd e exactă, oferă de îndată șansa de a trece dincolo de logica generală a atitudinilor propoziționale etc., la teorii mult mai specifice care limitează sever lumile posibile, exact ca în cazul clasic al geometriei, utilizînd conținutul specific al procedurilor și domeniile lor limitate de date aplicabile.

Așa cum indică propoziția 5, semantica procedurală și cea ansamblistă nu sînt reciproc incon-

sistente. Abordarea procedurală e menită să fie aproape infinit mai detaliată şi totodată capabilă să fundamenteze teoria înţelesului privit în intimitatea inaccesibilelor proceduri mentale ale fiecărui individ. Celor ce caută o temelie solidă de certitudine ca fundament al conceptelor de bază, întemeierea pe care le-am ales-o eu pentru înţeles poate părea slabă şi instabilă. Dar, atribuind un rol serios psihologiei limbajului, vom face să se impună această viziune.

Pentru a evita orice bănuială cum că aş considera că semantica procedurală conduce la o concepţie în care persoanele sînt văzute ca asemănătoare cu calculatoarele curente, voi încheia lista propoziţiilor generale în felul următor:

Propoziţia 6. *Procedurile umane sînt asemănătoare cu subrutinele calculatorului, deşi există diferenţe notabile:*

6.1. *Ceea ce corespunde limbajului-maşină de bază în domeniul procedurilor umane diferă radical de orice limbaj curent de programare; mai mult, acest limbaj de bază este, probabil, imposibil de cunoscut în toate detaliile sale.*

6.2. *Procedurile umane sînt supuse unor continue modificări şi sînt mult afectate de utilizare; subrutinele calculatorului nu sînt astfel afectate, ele putînd rămîne aceleaşi şi o mie de ani.*

6.3. *Procedurile umane sînt intrinsec legate de activităţile perceptive şi motorii; pentru subrutinele calculatorului aceste conexiuni sînt încă artificiale, stîngace şi anevoioase.*

6.4. *Procedurile umane sînt intrinsec continue mai degrabă decît discrete sau numerice; trăsăturile prozodice ale vorbirii sînt un excelent exemplu în acest sens.*

6.5. *Procedurile umane sînt inextricabil legate de emoţiile şi motivaţiile omului, care au, la rîndul lor, o subtilă bază fiziologică; caracteristici comparabile ale calculatorului nu au fost nici măcar conceptualizate, deocamdată, în toate detaliile, nemaivorbind de realizarea lor efectivă.*

6.6. *Plasticitatea și puterea de a învăța sînt aspecte centrale ale comportamentului uman; deocamdată, calculatoarele au o slabă capacitate de a învăța.*

Am subliniat la început utilitatea pentru reflecția asupra procedurilor umane a analogiei cu calculatoarele, dar este, totodată, necesară o concepție teoretică mai adîncă și mai detaliată asupra diferențelor. Ceea ce am formulat în propoziția 6 are un caracter aproximativ și poate fi folosit numai într-un sens preliminar.

O dificultate legată de răspunsuri. Chiar și atunci cînd detaliile despre proceduri sînt ignorate, prin recurgerea la alte variabile psihologice este ușor de formulat un test de asemănare a înțelesului care este mai tare decît cele tradiționale. Am dat deja exemple în care anumite trăsături psihologice observabile sînt folosite pentru a trage concluzii cu privire la congruența rezultatelor sau la alte aspecte importante ale comunicării. Tocmai pentru că procedurile individuale sînt private și neaccesibile cunoașterii în toate detaliile, este deosebit de important să avem un fel de fundament de nivel intermediar și mai grosier, pe care să ne bazăm în discutarea varietăților congruenței înțelesului. Diferitele variabile psihologice oferă o sursă firească în acest sens, ele nefiind nici prea grosiere, nici prea cizelate și inaccesibile. În cele ce urmează totuși, este important de reținut că nu-mi schimb cu nimic punctul de vedere asupra procedurilor, ci voi folosi unele dintre ideile psihologice deja elaborate pentru a dezvolta cîteva dificultăți tradiționale legate de asemănarea înțelesului. Dezvoltarea constă în recurgerea la mai multe variabile psihologice de răspuns decît sînt, de obicei, luate în considerare. Consider aceste variabile observabile ca înlocuitori pentru procedurile individuale care nu pot fi observate sau identificate direct.

Tipul de context la care mă gîndesc se bazează pe enunțuri ce formulează răspunsurile unui indi-

vid la propoziții particulare. Așa cum e de așteptat, exemplele utilizează discursul indirect.

(1) Jones răspunde mai repede în aprecierea adevărului propoziției că Cicero era chel decît a făcut-o cu privire la propoziția că Tullius era chel.

De obicei, permutarea cuvintelor „Cicero" și „Tullius" va schimba valoarea de adevăr a acestei expresii propoziționale, și numai una va deveni expresie propozițională adevărată. Adevărul lui (1) depinde de comportamentul detaliat în mare măsură idiosincratic, al unui individ. Există o mare cantitate de date care arată că vor exista întotdeauna deosebiri fine între două cuvinte oarecare, indiferent de frecvența lor în vocabularul individului și de frecvența cu care sînt folosite ca sinonime aproximative. Morala acestui tip de exemplu este că nu există o relație fixă de sinonimie care să ofere imediat un răspuns; soluția propusă de mine, în termenii unei ierarhii de congruențe, este expusă în secțiunea următoare. Am numit dificultatea [puzzle] generată de (1) *o dificultate legată de răspunsuri* pentru a o distinge de dificultățile legate de credințe (cf. Kripke, 1979), deși afinitatea dintre ele e mare.

Putem să nu ținem seamă de complicata structură comparativă a lui (1) și să luăm în considerare expresii propoziționale cum este următoarea:

(2) Jones răspunde afirmativ în mai puțin de 200 de milisecunde la aserțiunea că Cicero era chel și în mai mult de 200 de milisecunde la aserțiunea că Tullius era chel.

O posibilă obiecție este aceea că discursul indirect este inadecvat, deși, în măsura în care pot înțelege eu lucrurile, această obiecție se aplică la fel de bine și cazurilor formulate în termeni de credință. Incapacitatea de a trece de-a dreptul de la discursul indirect la citarea directă în cazurile formulate în termeni de credință fusese larg accep-

tată după discuția făcută de Church (1950). Același lucru poate fi spus și despre (1) și (2) de mai sus. Acestea sînt propoziții care nu sînt dependente în nici un fel de limbajul în care sînt formulate propozițiile individului care răspunde.

Între metodologiile filosofice și psihologice există o tensiune care necesită o atenție deosebită. Atît în cazul credințelor cît și al răspunsurilor, psihologii care descriu în detaliu datele cu privire la ele se vor simți atrași să înregistreze tipurile de expresii propoziționale folosite efectiv ca semne ale obținerii răspunsurilor de la indivizi. Forma discursului indirect utilizat în paradoxul despre credințe sau în acela despre răspunsuri nu va fi considerată acceptabilă din punct de vedere metodologic. Pe de altă parte, toți vorbitorii limbii engleze recunosc idiomul discursului indirect, îi pătrund înțelesul în mod intuitiv și întîmpină puține dificultăți în utilizarea lui. De asemenea, vorbitorii obișnuiți ai englezei înțeleg teza lui Church conform căreia discursul indirect nu conține nici în cazul răspunsurilor, nici în acela al credințelor vreo informație despre ce anume limbaj a fost utilizat în exprimarea propoziției. Zăbovesc asupra acestui aspect deoarece s-ar putea ca cineva să încerce să traseze o linie despărțitoare netă între cazul credințelor și cazul răspunsurilor, spunînd că numai în cel de-al doilea caz sînt decisive expresiile propoziționale efectiv utilizate.

Merită, totodată, să se rețină că atît enunțurile despre credințe cît și acelea despre răspunsuri sînt ușor de construit. De exemplu:

(3) Jones a răspuns imediat atunci cînd a fost întrebat dacă crede că Cicero era chel, dar nu a răspuns imediat atunci cînd a fost întrebat dacă crede că Tullius era chel.

Sau tipul de formulare mai explicită utilizată anterior:

(4) Jones a răspuns afirmativ în mai puțin de 150 de milisecunde atunci cînd a fost întrebat

dacă crede că Cicero era chel, dar în mai mult de 150 de milisecunde atunci cînd a fost întrebat dacă crede că Tullius era chel.

Date fiind diferențele în ceea ce privește timpul de răspuns, o cale de a pune problema este aceea de a spune că credințele lui Jones cu privire la Cicero sînt mai accesibile decît credințele sale cu privire la Tullius, deși cînd lucrurile sînt formulate astfel totul sună, desigur, paradoxal. Am putea formula chestiunea și în alt mod, dar aceasta ar implica un apel explicit la nume:

(5) Jones răspunde mai repede în legătură cu credințele sale despre Cicero atunci cînd Cicero este denotat prin „Cicero" decît atunci cînd Cicero este denotat prin „Tullius".

Exemplele date au inclus nume proprii, dar dificultatea relativă la răspunsuri nu se reduce la cazul acestora, așa cum arată următorul exemplu asemănător cu (1):

(6) Jones răspunde mai repede atunci cînd e întrebat dacă crede că Newton a fost burlac decît atunci cînd e întrebat dacă crede că Newton a fost un om necăsătorit.

Exemplele de răspuns pe care le-am dat sînt menite în mod vădit să evoce un concept mai complicat de acord [assent] decît acela folosit îndeobște în discutarea doar a credințelor. Din punct de vedere psihologic, pare clar că acordul este un fenomen complex, cu multe dimensiuni. Eu am menționat aici numai o singură variabilă psihologică nouă, anume latența răspunsului, dar există o mulțime de alte variabile, mergînd de la pulsațiile inimii pînă la reacția galvanică a pielii. Nu văd nici un argument de principiu pentru a trasa o linie clară și definitivă care să excludă vreuna dintre foarte diversele variabile psihologice care indică statutul diferențial al cuvintelor, expresiilor, ideilor sau emoțiilor din mintea unui

individ dat. Aceste multiple variabile diferite definesc ceea ce numesc *profilul acordului* [profile of assent].

Îngăduiți-mi să formulez dificultatea într-o manieră conceptuală explicită. Premisele sînt acestea:

(7) Există un singur concept fixat *M* de asemănare a înțelesului pentru expresii.
(8) Acest concept M de asemănare a înțelesului are loc între instanțe particulare ale expresiilor [expression tokens] care nu sînt identice, i.e. asemănarea înțelesului nu este pur și simplu relația trivială de identitate.
(9) Instanțele particulare ale expresiilor care stau în relația M generează același profil al acordului.
(10) Dar pentru orice individ există instanțe particulare ale unor expresii care stau în relația M și totuși au profile distincte ale acordului.

Premisele (7) și (8) sînt teze familiare despre asemănarea înțelesului. Premisa (9) corespunde tezei conform căreia expresiile care stau în relația M de asemănare a înțelesului au o semnificație cognitivă identică. Premisa (10) se bazează pe dovezi psihologice elementare și larg răspîndite. Este evident că aceste patru premise sînt mutual inconsistente.

Formal, pot fi întreprinse diverse manevre pentru a rezolva inconsistența. Una dintre ele constă în a nega că profilul acordului trebuie să includă o multitudine de variabile psihologice. Se pare însă că această manevră sărăcește conceptul de acord, transformîndu-l într-un concept filosofic abstract. Variabila latenței răspunsului de exemplu, este amplu folosită ca o măsură precisă a gradului de stăpînire a unui concept sau a unei deprinderi. Studiile cognitive care utilizează această măsură sînt foarte numeroase. Baza intuitivă a relevanței ei pentru cunoaștere este de asemenea evidentă.

Ar putea fi susținută și includerea firească a unei multitudini de alte variabile într-un profil

psihologic bogat al acordului. Există însă o variabilă care nu a fost încă menționată, dar care ar trebui acceptată de oricine ca relevantă în testarea asemănării înțelesului. E vorba de *tăria credinței*, care din perspectivă comportamentală poate fi măsurată în moduri diferite, calea cea mai populară fiind aceea cu ajutorul unor mize ipotetice sau reale avînd șanse diferite. (Este important de subliniat că nu sînt necesare mize numerice pentru a infera o estimare cantitativă foarte bună a tăriei credinței — numită adesea și grad al credinței sau probabilitate subiectivă. Pot fi utilizate metode pur calitative. Pentru prezentarea extinsei literaturi teoretice și experimentale, pe această temă, vezi Luce și Suppes, 1965; Krantz *et. al.*, 1971.)

Este ușor de construit exemple relevante. Deoarece Jones nu este chiar sigur că Tullius este Cicero, sînt adevărate următoarele:

(11) Tăria credinței lui Jones în aserțiunea că Cicero era chel este mai mare decît tăria credinței sale în aserțiunea că Tullius era chel.

Acest tip de exemplu poate fi aplicat și paradoxului analizei. Dată fiind opinia curentă că tăria credinței este o variabilă continuă, am putea fi tentați să susținem că majoritatea cazurilor acestui paradox, dacă nu chiar toate, pot fi explicate prin această teză. Smith este cît se poate de sigur că Cicero = Cicero, dar nițel mai puțin sigur că Tullius = Cicero. Aceeași analiză se aplică și la familiarul exemplu cu vulpile femele [female foxes] și vulpoaicele [vixens].

După părerea mea, argumentul în favoarea semnificației cognitive a unui profil bogat al acordului este convingător, și nu aș vrea să reduc acest profil pînă la a-l identifica cu tăria credinței. Dacă s-ar insista în această direcție, atunci aș argumenta că celelalte dimensiuni măsurabile de tip comportamental pe care le-am menționat nu numai definesc un profil al acordului, ci sînt și puternic corelate cu tăria credinței. Este

limpede, cred, că nu am încercat să expun aici o concepție detaliată privind relația dintre variabilele psihologice menționate sau la care s-a făcut aluzie. Unele sînt mai teoretice decît altele, și ar fi de așteptat să existe puternice corelații între ele.

A doua manevră, mai promițătoare, în tentativa a de rezolva contradicția ce decurge din premisele (7) — (10) constă în a nega că există vreun concept fixat, independent de context, de asemănare a înțelesului care ar trebui susținut cu orice preț, prin focul tuturor dificultăților și situațiilor. Următoarea secțiune e centrată pe această abordare.

Pe măsură ce trecem dincolo de ideile simple de acord și ajungem la întreg domeniul variabilelor psihologice de răspuns, devine clar faptul că diferențierile corespunzătoare pe care le putem face acum îngroașă linia dintre discursul direct și cel indirect. Dar urmărirea acestui aspect nu este posibilă aici.

Congruența înțelesului

Susțin, de mai mulți ani, o abordare geometrică a teoriei înțelesului (Suppes, 1973a). Ideea geometrică constă în utilizarea a diferite concepte, tari și slabe, de congruență pentru a obține grade variabile de apropiere a înțelesurilor [closeness of meaning]. Chestiunea este să nu cădem în mrejele căutării unui singur concept de sinonimie, tot așa cum în geometria modernă nu sîntem legați de un singur concept de congruență, ca geometrii din Grecia veche și din Alexandria. Noi avem în geometria afină, de exemplu, un sens mai slab al congruenței decît în geometria euclidiană, dar este, în același timp, ușor să dăm o noțiune de congruență proprie simțului comun mai tare decît cea euclidiană, anume congruența care cere totodată asemănarea de orientare.

Pentru a continua această analogie cu geometria, vom anticipa că utilizările extensionale ale

limbajului cer o congruență relativ brută, pe cînd exprimarea atitudinilor propoziționale, așa cum sînt acestea exemplificate în dificultatea lui Mates [Mates's puzzle] sau în dificultatea, mai tare, legată de răspunsuri, va pretinde relații de congruență foarte tari. În fapt, datorită caracterului continuu al datelor cu privire la răspunsuri, vom considera, de obicei, probabilitatea ca fiind zero, iar timpii de răspuns sau, cum ar spune psihologii, latența răspunsului ca fiind aceiași pentru două itemuri lexicale distincte. În măsura în care vrem să lămurim dificultatea legată de răspunsuri, datele vor sugera că este suficientă relația de congruență trivială care e identitatea — cea mai tare dintre relațiile de congruență. Mă grăbesc însă să adaug că nu e vorba aici propriu-zis de identitate, ci numai de un proces de abstractizare de un anumit nivel. De exemplu, dacă tratăm ca identice, în sensul obișnuit, două semne tipărite de același tip, facem un anume gen de abstractizare. Dacă luăm în considerare cazul obișnuit al producerii continue prin intermediul undelor sonore a două instanțe particulare ale aceluiași cuvînt-tip, vorbit, atunci sensul identității, în accepția larg utilizată a identității lingvistice, este o abstractizare foarte brută operată pe mulțimea bogată în detalii a faptelor acustice. Din punct de vedere fizic, cele două unde sonore nu vor fi aceleași pentru cele două semne și, de fapt, identificarea trăsăturilor invariante din cele două semne care fac posibilă abstractizarea ce duce la considerarea lor ca două apariții ale aceluiași tip o chestiune discutată mai înainte se dovedește o problemă intelectuală de o amploare apreciabilă. În plus, nu atît unda sonoră influențează bogăția congruenței pe care o discutăm, cît contextul, inclusiv trăsăturile prozodice, trăsăturile nonverbale ale vorbitorului și ascultătorului etc. Numai în cadrul unui sistem axiomatic abstract congruența poate fi coborîtă, într-o modalitate simplă, la nivelul identității. Va fi o parte a tezei pe care o susțin ideea că nu există un nivel final sau ultim al congruenței. În limbajul

real avem concepte tot mai tari de congruență, neexistînd o limită realistă a numărului nivelelor.

Almog (1984) a oferit o excelentă analiză a celor trei nivele a ceea ce voi numi înțelesul public: e vorba de extensiuni, intensiuni și caractere în sensul lui David Kaplan (1977). Ceea ce susțin eu este că dincolo de aceste trei nivele există o ierarhie infinită de relații de congruență mai tari. Dificultatea lui Mates (1950) poate fi rezolvată la acel nivel al congruenței ce corespunde modului nostru convențional de a vorbi despre identitatea a două instanțe particulare [tokens] ale aceluiași tip; dar chiar esența dificultății cu privire la răspunsuri formulată de mine constă în punerea în evidență a faptului că e ușor să construim dificultăți mai tari care ne cer să trecem dincolo de această identitate convențională a două instanțe particulare tipărite aparținînd aceluiași tip. Pe lîngă exemplele considerate în secțiunea precedentă, am putea crea ușor două instanțe ale aceluiași cuvînt care să aibă un accent ușor diferit. Vom găsi că este simplu să construim și circumstanțele în care să putem diferenția răspunsurile la aceste două instanțe particulare. Un exercițiu similar ar putea fi făcut luînd în considerare parametrii familiari ai duratei și intensității pentru cuvintele vorbite. Posibilitățile de variație sînt aici practic infinite, din cauza caracterului de continuitate naturală a fenomenului. Desigur, nu vreau să sugerez că pentru fiecare variație continuă posibilă există relații de congruență conceptual interesante, ci vreau mai degrabă să subliniez că, în principiu, există un continuum de posibilități ce ne sînt deschise.

Aspectul principal al chestiunii constă efectiv în aceea că în conceptul de congruență a înțelesului nu există un punct de oprire natural în care, odată ajunși, să nu mai avem la dispoziție și posibilități mai fine de realizare a congruenței. Acesta este un aspect pe care nu l-am subliniat îndeajuns în discuțiile anterioare, deși am scos în evidență faptul că trebuie să ținem seamă de

relațiile de congruență și în cazul actelor de vorbire (Suppes, 1980b).

Un exemplu familiar care implică direct intensitatea unei rostiri orale [spoken utterance] este observat în mod repetat în cazul sfaturilor pe care le dă un părinte copilului său. Există multe situații în care copilul nu răspunde decît atunci cînd intensitatea cererii adresate de părinte se ridică la un anumit nivel de decibeli. O reprezentare a ceea ce are loc aici prin intermediul unei simple transpuneri scrise a ceea ce s-a spus oral ar fi totalmente neconformă faptelor și, astfel, nu ar avea relația de congruență corespunzătoare. Este, de fapt, surprinzător că aspectele complexe și subtile ale vorbirii orale au pătruns atît de puțin în ampla literatură asupra asemănării înțelesului. Sper că teza mea cu privire la ierarhia infinită a congruenței înțelesului a fost clar înțeleasă ca referindu-se la și oferind un aparat pentru tratarea variațiilor continue semnificative ale vorbirii orale.

Permiteți-mi să pun problema și altfel. Fiecare instanță, la orice nivel am defini-o — undă sonoră, act de vorbire cu expresie fizică etc. —, este identică cu sine, dar la acest nivel al identității teoria nu este efectiv interesantă. Întotdeauna noi vrem să abstractizăm în așa fel încît tipurile să conțină mai mult decît instanțele individuale [single tokens]. Există o ierarhie infinită de tipuri, între tipurile publice — extensiunea, intensiunea și caracterul —, de o parte, și identitatea la nivelul instanțelor particulare, de altă parte. Aceasta este o problemă familiară a teoriilor științifice, deși în teoria obișnită a modelelor ea nu e tratată în detaliu. Conceptul de individ nu este analizat în teoria standard a modelelor. Nu există un concept fixat de individ în sensul teoriei modelelor care să fie utilizabil în analiza conceptuală a limbajului natural. Nu trebuie să fim nemulțumiți de această stare de lucruri ci, pur și simplu, să o etalăm ca pe un fapt de viață. În funcție de scopurile pe care le urmărim, vom abstractiza pentru a obține grade

de congruență relativ mai fine sau mai brute. Pentru textele științifice și filosofice tipărite condițiile de congruență sînt, de obicei, relativ brute. Analiza interacțiunilor verbale dintre mamă și copil este însă o cu totul altă poveste. Nuanțele prozodice și deplasările de accent pot fi, inițial, mai importante decît abstractizarea extensională din limbajul uzual tipărit care codifică cele spuse. În principiu, pentru oricare din punctele continue în care se poate fixa un anume nivel al congruenței este cricînd posibil să apară o dificultate [puzzle] legată de identificarea tipului la un nivel inferior în ierarhie. Practic, numai anumite puncte din ierarhie vor prezenta interes. Consider că dificultatea legată de răspunsuri arată că luarea în considerare a unor astfel de variabile psihologice adiționale deschide calea unui mod natural de a identifica o seamă de congruențe interesante, mai rafinate decît cele reflectate în atitudinile propoziționale ce se referă numai la credințe.

Discursul indirect. În tratarea dificultății legate de răspunsuri sau a altora similare, este întotdeauna firesc să încercăm eliminarea idiomului discursului indirect, mai ales ca metodă directă de a rezolva dificultățile. Din punctul meu de vedere, vechile argumente ale lui Church (de ex., 1950 și 1954), menționate mai sus, rămîn valide. Nici o schemă simplă vizînd înlocuirea discursului indirect cu cel direct nu se dovedește operantă. În loc să trec în revistă argumentele sale, vreau să prezint cîteva aspecte corelative care consolidează soluția dată pentru discursul indirect.

Primul este acesta. Cînd examinăm expresii propoziționale individuale cum sînt oricare dintre (1)—(4) sau (6) (p. 270—272), apare de multe ori o tendință aproape irezistibilă de a căuta înlocuirea discursului direct. Dar această operație, centrată pe expresiile propoziționale individuale, scapă din vedere un aspect important. Utilizările complexe ale limbajului sînt total dependente de discursul indirect. Orice analiză conceptuală adec-

vată a limbajului natural trebuie să fie aptă de a aborda corect și în detaliu discursul indirect. Exemplificări ale acestei dependențe esențiale față de discursul indirect ne stau imediat la îndemînă. Orice relatare a unei conversații lungi depinde de discursul indirect: ea a spus cutare și cutare lucru, iar eu am spus că faptele ce contau realmente erau următoarele... Într-o conversație de aproximativ două ore pot fi pronunțate cel puțin 10 000 de cuvinte, și nimeni nu-și poate aminti exact nici măcar un mic procent din expresiile propoziționale rostite — chiar dacă au fost rostite de el însuși.

Oricît ar fi de exacte și detaliate standardele judiciare de probatoriu, relatările conversațiilor de către martori trebuie să depindă de discursul indirect. Motivul e evident în toate aceste cazuri. Memoria și cunoașterea omului funcționează minunat utilizînd parafrazarea, dar sînt extrem de limitate în ceea ce privește reproducerea exactă și explicită a secvențelor de cuvinte vorbite. Este un lucru esențial să înțelegem semantica discursului indirect, deoarece folosirea lui permanentă e o trăsătură esențială a minții umane.

Al doilea aspect reprezintă o propunere de îndepărtare față de poziția lui Church, în măsura în care acesta argumentează în favoarea unui singur concept de sinonimie (vezi în mod special Church 1954), căci, în acest caz, conceptul de propoziție nu este efectiv explicat. Introducerea unei ierarhii infinite de congruențe permite relativizarea conceptului de propoziție și, în mod corespunzător, introducerea în teoria și practica parafrazei a distincțiilor fine adecvate. Teoria formală nu poate fi expusă aici, dar va fi util să schițăm cîteva dintre ideile ei principale. În privința congruenței, eu susțin că nu există ceva de genul unei unice propoziții fixate care să fie exprimată de o anume expresie propozițională-instanță [sentence token]. Mai degrabă, o propoziție este exprimată de o expresie propozițională *modulo* o anume relație de congruență. Orice altă expresie propozițională care stă în aceeași relație de congruență cu expre-

sia propoziţională dată exprimă aceeaşi propoziţie — din nou, *modulo* relaţia de congruenţă. Fiind dată o ierarhie infinită de relaţii de congruenţă, o anume expresie propoziţională-instanţă exprimă un număr potenţial infinit de propoziţii distincte.

Atunci cînd acceptăm o relatare sub forma discursului indirect, folosim în mod firesc, fără să recunoaştem explicit, un principiu al încrederii în adevărurile parţiale. Congruenţele impuse de subiectul care parafrazează nu distorsionează şi nu omit fapte ori nuanţe care sînt esenţiale pentru liniile directoare ale conversaţiei relatate. Contrar sensului jurămîntului ce e pretins martorilor, nu sperăm realmente niciodată să auzim întregul adevăr, şi, în cele mai multe cazuri, ar fi chiar intolerabil dacă ar trebui să-l auzim. Ceea ce sperăm să receptăm este o mulţime adecvată de adevăruri parţiale, lăsînd alegerea nivelului congruenţei în seama înţelepciunii şi bunului simţ al interlocutorilor noştri, sensibili la dorinţa noastră de cunoaştere.

*Nasol la maxim**. Titlul acestei secţiuni este una dintre cele mai colorate expresii întrebuinţate de cele ce sînt numite în California „fetele din vale". Limbajul lor idiomatic, precum şi alte obiceiuri ale lor au devenit recent obiectul unei anume publicităţi. Acest limbaj colorat serveşte la a exemplifica un ultim aspect pe care vreau să-l ating în legătură cu concepţia îngustă promovată de teoriile moderne ale referinţei şi înţelesului.

Ideea mea centrală este că formularea cunoştinţelor cu ajutorul unor expresii propoziţionale obişnuite, simple, ale limbii engleze este bună pentru seminariile filosofice şi pentru manualele de ştiinţă. Ea este însă, adesea, foarte îndepărtată de o bună parte a vorbirii obişnuite. Este important să fiu bine înţeles. Nu sînt împotriva uzului ştiinţific sau filosofic al limbajului. El este, în mare măsură,

* În original „grody to the max". — *Nota trad.*

un lucru bun și reprezintă un segment important al culturii noastre. Numai că e vorba de un segment limitat al utilizării limbajului. Accentul exagerat pus pe expresiile propoziționale care au un înțeles literal clar și definit poate duce la o concepție greșită cu privire la referință și înțeles așa cum apar acestea în utilizarea dominantă a limbajului obișnuit.

Cînd o „fată din vale" îi spune alteia: „nasol la maxim" în timp ce contemplă împreună un cetățean plictisit, gras și serios care se îndreaptă spre ele, cum să concepem oare extensiunea expresiei lor zglobii? Urmărind un caz sau două, am putea începe să credem că facem progrese, dar dacă ne ținem după „fetele din vale" vreo după-amiază ori două aflăm că „nasol la maxim" este o expresie cu totul particulară, ținînd de stilul lor de a conversa, și orice sens bine centrat al extensiunii ei începe să se estompeze.

Dați-mi voie să examinez problema dintr-o altă perspectivă, mai sistematică din punct de vedere metafizic. Mi se pare că sînt multe de spus despre concepția că teoriile contemporane ale referinței și extensiunii au continuat experiența acumulată de teoriile atomiste ale materiei precum și marele lor succes din secolul al XIX-lea. Dacă, pe de altă parte, adoptăm o viziune holistă despre lume, considerînd mai important contextul, este greu de văzut cum poate fi făcut să funcționeze un concept sistematic al referinței și extensiunii pentru termeni și expresii individuale. Dacă, intuitiv vorbind, înțelesul lui *roșu* sau înțelesul lui *fulg de zăpadă* ori *durere de cap* se schimbă de la context la context, există puține șanse să vorbim serios despre referința sau extensiunea acestor termeni.

Să luăm în considerare un exemplu mai științific, care lămurește mai bine chestiunea. Ne putem întreba care sînt proprietățile *reale* ale hidrogenului. Este destul de ușor să extragem o astfel de listă dintr-o carte de chimie care se referă la hidrogen în stare liberă sau gazoasă. Putem extrage, de asemenea, o descriere foarte teoretică a hidro-

genului în termeni de structură atomică, dar dacă ne interesează proprietățile lui fenomenologice, atunci nu vom găsi nimic care să semene cu un răspuns serios. O excelentă analiză a acestei probleme se găsește în literatura ce surprinde controversele din secolul al XIX-lea cu privire la teoriile atomiste ale materiei. Unii comentatori perspicace au subliniat cît de absurd era să se creadă că hidrogenul are proprietăți reale, în orice sens uzual al termenului proprietate, pe care să le păstreze invariante în diferitele lui stări. Astfel, hidrogenul ca parte a apei are proprietăți foarte diferite de hidrogenul ca gaz sau de hidrogenul ca parte a acidului clorhidric în stare solidă. Ne simțim în largul nostru atunci cînd vorbim despre proprietățile reale ale hidrogenului numai pentru că avem o teorie atomică pe care ne bazăm și care reprezintă modul nostru dominant de a gîndi despre hidrogen, chiar dacă nu înțelegem prea bine această teorie sau avem numai o impresie aproximativă cu privire la formularea ori la limitele ei. În afara teoriei atomice a materiei ne vine greu să susținem o discuție serioasă despre proprietățile reale ale hidrgenului. Ceea ce se spune uneori despre personalitățile slabe poate fi spus și despre anumite elemente: influența contextului este totul. Hidrogenul considerat în și pentru sine nu este decît o umbră.

Voi lua un alt tip de exemplu, destul de apropiat de *nasol la maxim*. Am în vedere întrebuințarea de către oamenii obișnuiți a ceea ce prezintă toate aparențele unor expresii propoziționale uzuale și care, dacă ar fi formulate într-un seminar de filosofie, ar apărea ca expresii propoziționale cu referință precisă și cu valoarea de adevăr exact determinată. Ideea de bază constă aici în utilizarea termenilor într-o manieră care nu presupune în nici un sens considerarea lor în mod serios sau literal. Iată cîteva cazuri.

Un tînăr, voind să-și impresioneze prietenii, le spune: „Am avut necazuri cu mașina — n-a funcționat carburatorul". De fapt, el nu are nici cea mai vagă idee de faptul că de vină ar fi fost

carburatorul, dar a auzit pe cineva care a folosit această frază și i s-a părut o soluție fericită să o folosească și el pentru că suna impresionant și specific.

Un pensionar spune altuia: „În ultima vreme m-a supărat ficatul". Și răspunsul competitiv imediat este: „La fel am pățit și eu". Nici unul dintre ei nu are cea mai vagă idee de faptul că suferința lui s-ar datora realmente ficatului, dar expresia este comună, în multe privințe convențională, și astfel ușor de utilizat pentru un gen de suferință identificată în linii mari, deși numai vag.

În fiecare dintre aceste cazuri, dacă se urmează întocmai înțelesul literal și exact, atunci expresiile propoziționale rostite sînt false. Dar acesta ar fi un mod greșit de a trata expresiile în cauză. Ar fi ca și cînd am întreba: este adecvată o expresie de tipul *nasol la maxim*, sau numai expresia propozițională în care ea apare ca adevărată? E nevoie de o abordare mai delicată și mai subtilă a acestui tip de utilizare.

Încă un gen de exemplu ne este oferit de familiarele povești romantioase. Tînăra spune „nu" tînărului, deși acesta știe, ca și ea, că de fapt a vrut să spună „da". Iată un tip de exemplu diferit, dar totuși important, pentru care trebuie oferită o interpretare adecvată.

Există și o altă cale de a pune în evidență esențialul în legătură cu *nasol la maxim*. Aceasta se întîmplă atunci cînd încercăm să dăm un răspuns tezei conform căreia referința sau înțelesul unui cuvînt sau expresii pot fi întotdeauna determinate printr-o disjuncție de referințe sau înțelesuri mai simple, fiecare dintre acestea fiind adecvat într-o anumită mulțime de circumstanțe. Răspunsul la această teză este că nu poate fi dată nici o formulare conceptuală adecvată a unei astfel de mulțimi de circumstanțe, și aceasta din rațiuni de fond. Ocaziile de utilizare a expresiilor de tipul *nasol la maxim* reprezintă opțiuni inefabile și instabile, care nu pot fi motivate mai temeinic decît poate fi motivată apariția unei secvențe de roșu și negru la ruletă. Studiul retrospectiv al

diferitelor instanțe de utilizare nu are șanse de succes, deoarece licăririle de sentiment care trec de la o „fată din vale" la alta atunci cînd ele privesc împrejur și aruncă înainte și înapoi expresiile lor deocheate au, după părerea mea, o componentă aleatoare ireductibilă. Aștept cu scepticism propuneri deterministe serioase pentru explicarea comportamentului lor lingvistic.

Situația e oarecum diferită în cazul utilizării nonstandard a unor termeni standard cum sînt *carburator* și *ficat*. Ocaziile de utilizare nonstandard sînt foarte probabile, nu atît de instabile și impredictibile ca acelea pe care tocmai le-am discutat. O teorie a referinței și înțelesului pentru utilizările nonstandard ale cuvintelor standard, concepută în maniera familiară, nu pare a fi irealizabilă. A spune „nu" cînd vrei să spui „da" este un gen de caz mai dificil, dar nu atît de încurcat ca *nasol la maxim*.

Teza mea generală este, în esență, că noi utilizăm expresiile propoziționale în mai multe scopuri. Nu există doar o singură utilizare literală a expresiilor propoziționale care să presupună o teorie a unei referințe fixate și a unui adevăr precis. Mai degrabă există utilizări care nu sînt simple și care presupun o considerabilă circumspecție în interpretarea lor. Mai mult, așa cum am subliniat în mod repetat, este fără speranță străduința de a obține o analiză care să capteze toate nuanțele rostirilor pronunțate de un vorbitor.

ANEXĂ
CU PRIVIRE LA GRAMATICILE PROBABILISTE

Din ceea ce s-a spus deja, ar trebui să fie destul de clar că impunerea unei structuri generative probabiliste este o constrîngere suplimentară ataşată unei gramatici. Este firesc să ne întrebăm dacă poate fi găsită întotdeauna o gramatică probabilistă pentru un limbaj despre care se ştie pur şi simplu că are o gramatică. Dacă rămînem însă la această formulare intuitivă nu este, totuşi, clar ce anume întrebare s-a pus.

Ca preambul la o tentativă de formulare precisă a întrebării e necesară o caracterizare formală explicită a gramaticilor probabiliste. Într-un mod familiar în literatură, putem defini o gramatică (independentă de context) ca un cvadruplu (V_N, V_T, R, S), unde V_N, V_T şi R sînt mulţimi finite, S este un element al lui V_N, V_N şi V_T sînt disjuncte, iar R este o mulţime de perechi ordonate ai căror primi membri sînt în V^+ şi ai căror membri secunzi sînt în V^*, unde $V = V_N \bigcup V_T$, V^* este mulţimea tuturor secvenţelor finite ai căror termeni sînt elemente ale lui V, iar V^+ este V^* minus secvenţa vidă. Aşa cum este uzual, prin V_N se desemnează vocabularul neterminal, prin V_T vocabularul terminal, R este mulţimea producţiilor, iar S este simbolul iniţial. Limbajul L generat de G este definit în maniera obişnuită, dar aici va fi omis. O gramatică probabilistă se obţine prin adăugarea unei repartiţii de probabilităţi condiţionate la mulţimea R a producţiilor. În termeni riguroşi, avem:

Definiție: *Un cvintuplu* $G = (V_N, V_T, R, S, p)$ *este o gramatică probabilistă dacă și numai dacă* $G = (V_N, V_T, R, S)$ *este o gramatică și* p *este o funcție definită pe* R *cu valori în mulțimea numerelor reale, astfel încît*

(1) *pentru fiecare* (σ_i, σ_j) din R, $p(\sigma_i, \sigma_j) \geqslant 0$,

(2) *pentru fiecare* σ_i din domeniul lui R, $\sum_{\sigma j} p(\sigma_i, \sigma_j) = 1$ unde sumarea se face după imaginea lui R.

Rezultă ușor diferite generalizări ale acestei definiții: de exemplu, este firesc, în unele contexte, să înlocuim simbolul inițial fixat S cu o repartiție de probabilitate pe V_N. Dar aceste generalizări nu vor afecta realmente caracterul esențial al problemei reprezentării așa cum este ea formulată aici.

Pentru a fi mai expliciți, avem nevoie totodată de conceptul de limbaj probabilist, care este tocmai o pereche (L, p), unde L este un limbaj, iar p este o densitate de probabilitate definită pe L, *i. e.* pentru fiecare x din L, $p(x) \geqslant 0$ și

$$\sum_{x \in L} p(x) = 1$$

Atunci, prima formulare a problemei reprezentării este aceasta:

Fie L *un limbaj (independent de context), cu densitatea de probabilitate* p. *Există întotdeauna o gramatică probabilistă* G *care generează* (L, p)?

Ce se înțelege prin generare este evident. Dacă $x \in L$, $p(x)$ trebuie să fie suma probabilităților tuturor derivărilor lui x în G. Ellis (1969) a răspuns negativ la această formulare a problemei reprezentării. Exemplul său e ușor de descris. Fie $V_T = \{a\}$ și fie $L = \{a^n \mid n \geqslant 1\}$. Fie $p(a^{n+1}) = 1/\sqrt{t_n}$, $n > 0$, unde $t_1 = 4$ și $t_i =$ cel mai mic

număr prim astfel încît $t_i > \max(t_{i-1}, 2^{2^i})$ pentru $i > 1$. În plus, se stabilește

$$p(a) = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} p(a^{n+1})$$

Argumentul se bazează pe a arăta că probabilitățile atribuite șirurilor din L prin intermediul caracterizării de mai sus, nu pot să se găsească toate în extinderile corpului numerelor raționale generate de mulțimea finită de probabilități condiționate atașate mulțimii finite de reguli de producție ale oricărei gramatici independente de context.

Din perspectiva orientată empiric adoptată în acest studiu, exemplul lui Ellis, deși absolut corect din punct de vedere matematic, este conceptual nesatisfăcător, pentru că orice selecție finită din L realizată conform densității p ar putea fi descrisă de asemenea printr-o densitate care ia numai valori raționale. Altfel spus, exemplele algebrice de tipul celui al lui Ellis nu rezolvă problema reprezentării atunci cînd aceasta a primit o formulare statistică clară.

Estimarea verosimilității

Ca să exemplificăm modul în care ne putem ocupa, într-o manieră elementară, de estimarea verosimilității maxime a parametrilor probabilişti în gramatică, vom considera gramatica simplă, cu șapte reguli, expusă în paginile anterioare. Vom reaminti că această gramatică a fost introdusă cu trei parametri probabilişti, α, β, şi γ. Cele șase tipuri gramaticale şi probabilitățile asociate lor sînt următoarele:

Tipul gramatical	*Probabilitatea*
1. $PN + V_1$	$(1 - \alpha)(1 - \beta)$
2. $PN + V_2 + PN$	$\alpha(1 - \beta)^2$
3. $Adj^n + N + V_1$	$(1 - \alpha)\beta(1 - \gamma)^{n-1}\gamma$

4. $PN + V_2 + Adj^n + N$ $\quad \alpha\beta(1-\beta)(1-\gamma)^{n-1}\gamma^n$

5. $Adj^n + N + V_2 + PN$ $\quad \alpha\beta(1-\beta)(1-\gamma)^{n-1}\gamma$

6. $Adj^m + N + V_2 + Adj^n + N$ $\quad \alpha\beta^2(1-\gamma)^{m+n-2}\gamma^2$

În ipoteza că această gramatică este adecvată pentru corpusul pe care îl studiem, fiecare rostire va exemplifica unul dintre tipurile gramaticale cuprinse în cele șase scheme. Frecvența relativă empirică a fiecărui tip din corpus poate fi utilizată pentru a găsi o estimare a verosimilității maxime a fiecăruia din cei trei parametri. Fie $x_1, \ldots, x_n$ secvența finită a rostirilor reale. Funcția de verosimilitate $L(x_1, \ldots, x_n; \alpha, \beta, \gamma)$ este funcția care are ca valoare probabilitatea de a obține sau genera secvența $x_1, \ldots, x_n$ de rostiri, fiind dați parametrii α, β, γ. Calcularea lui L presupune corectitudinea gramaticii probabiliste, și aceasta implică, între altele, independența statistică a tipului gramatical al rostirilor, o supoziție care este violată în orice corpus real, deși, probabil, nu prea mult. Estimările vizînd verosimilitatea maximă a lui α, β și γ sînt chiar acele valori α, β și γ care maximizează probabilitatea secvenței observate sau generate $x_1, \ldots, x_n$. Fie y_1 numărul aparițiilor tipului gramatical 1, adică PN + V_1 (așa cum figurează mai sus), fie y_2 numărul aparițiilor tipului 2, adică PN + V_2 + PN, fie y_3, n numărul aparițiilor tipului 3 cu un șir de n adjective și fie celelalte definiții similare pentru y_4, n, y_5, n și $y_{6,m,n}$. Atunci, în supoziția independenței statistice, funcția de verosimilitate poate fi exprimată astfel:

$$(1)\ L(x_1, \ldots, x_n; \alpha, \beta, \gamma) = [(1-\alpha)(1-\beta)]^{y_1}$$

$$[\alpha(1-\beta)^2]^{y_2} \prod_{n=1}^{x} [(1-\alpha)\ \beta\ (1-\gamma)^{n-1}\gamma]^{y_3},\quad n \ldots$$

$$\ldots \prod_{n=1}^{x} \prod_{m=1}^{x} [\alpha\beta^2(1-\gamma)^{m+n-2}\gamma^2]^{y_{6,m,n}}$$

Desigur, în orice corpus finit produsele infinite vor avea întotdeauna numai un număr finit de termeni diferiți de unu. Pentru a găsi $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$ și $\hat{\gamma}$ ca

funcții de frecvențele observate $y_1, \ldots, y_{6,m,n}$ metoda standard este de a lua logaritmul ambelor părți ale lui (1), pentru a converti produsele în sume și apoi a calcula derivatele parțiale în raport cu α, β și γ pentru a afla valorile care maximizează pe L. Maximul nu este schimbat prin calcularea log de L, pentru că log este o funcție monotonă strict crescătoare. Punînd $\mathcal{L} = \log L$, $y_3 = \Sigma y_{3,n}$, $y_4 = \Sigma y_{4,n}$ $y_5 = \Sigma y_{5,n}$ și $y_6 = \Sigma\Sigma y_{6,m,n}$, avem:

$$\frac{\delta \mathcal{L}}{\delta \alpha} = -\frac{y_1 + y_3}{1-\alpha} + \frac{y_2 + y_4 + y_5 + y_6}{\alpha} = 0$$

$$\frac{\delta \mathcal{L}}{\delta \beta} = -\frac{y_1}{1-\beta} - \frac{2y_2}{1-\beta} + \frac{y_3}{\beta} +$$

$$+ \frac{y_4 + y_5}{\beta} - \frac{y_4 + y_5}{1-\beta} + \frac{2y_6}{\beta} = 0$$

$$\frac{\delta \mathcal{L}}{\delta \gamma} = \frac{y_3 + y_4 + y_5 + y_6}{\gamma} - \left[\frac{y_{3,2} + y_{4,2} + y_{5,2}}{1-\gamma} + \right.$$

$$\left. + \cdots + \frac{(n-1)\,(y_{3,n} + y_{4,n} + y_{5,n}}{1-\gamma} + \cdots \right] -$$

$$- \left[\frac{y_{6,1,1}}{1-\gamma} + \cdots + \frac{(m-n-2)\, y_{6,m,n}}{1-\gamma} + \ldots \right] = 0$$

Dacă luăm:

$$z_{6,n} = \sum_{m'+n'=n+1} \sum y_{6,m'n'}$$

atunci, după ce am calculat cele trei ecuații de mai sus, vom avea ca estimări ale verosimilității maxime:

$$\hat{\alpha} = \frac{y_2 + y_4 + y_5 + y_6}{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6}$$

$$\hat{\beta} = \frac{y_3 + y_4 + y_5 + 2y_6}{y_1 + 2y_2 + y_3 + 2y_4 + 2y_5 + 2y_6}$$

$$\hat{\gamma} = \frac{y_3 + y_4 + y_5 + z_6}{\Sigma n(n(y_{3,n} + y_{4,n} + y_{5,n} + z_{6,n})}$$

Așa cum ar fi de așteptat din rolul pe care îl are ca parametru de oprire în adăugarea adjectivelor, estimarea verosimilității maxime a lui γ este chiar estimarea standard pentru media unei distribuții geometrice.

După ce am estimat α, β și γ din datele privitoare la frecvențele rostirilor, putem testa concordanța gramaticii probabiliste într-una din manierele statistice standard, folosind un test hi-pătrat sau un alt test statistic comparabil. Cîteva rezultate numerice ale unor astfel de teste sînt prezentate mai jos. Criteriul de acceptare a gramaticii este atunci chiar un criteriu statistic standard. A spune aceasta nu înseamnă însă a susține că metodele statistice standard sau criteriile de testare de acest gen sînt scutite de propriile lor probleme conceptuale. Mai degrabă e vorba de a sublinia că selecția unei gramatici poate urma o metodologie științifică standard de mare putere și largă aplicabilitate și că argumentele metodologice considerate specifice lingvisticii — ca, de pildă, discuțiile despre simplitate — pot fi abandonate.

Exemplul francez

Voi da acum un exemplu de analiză probabilistă a gramaticii grupurilor nominale [noun phrases] numai din limba franceză vorbită de un copil parizian, Philippe. Detaliile procesului de colecționare a corpusului, condițiile de înregistrare, ca și procedurile de transcriere și redactare sînt toate descrise în Suppes, Smith și Léveillé (1973). Voi menționa aici numai că în corpus intrau 56 982 instanțe particulare [tokens] înregistrate în 33 de ședințe de vorbire spontană de cîte o oră din vremea cînd Philippe avea 25 de luni și pînă la vîrsta de 38 de luni.

Un fragment dintr-o gramatică a grupurilor nominale pentru Philippe este extras din Suppes, Smith și Léveillé (1973). Vom spune aici numai ceea ce e necesar pentru a ilustra cum, de îndată

ce parametrii probabiliști sînt estimați prin metoda verosimilității maxime discutată mai sus, poate fi întreprinsă o comparare directă a predicțiilor teoretice cu datele de observație. Pot fi aplicate apoi calculele standard hi-pătrat sau testele de concordanță. Tabelul 2 dă tipurile de grup nominal avînd frecvență mare pentru a doua gramatică din acel studiu. Diferitele tipuri de grup nominal sînt generate de gramatică, dar acest proces nu va fi descris aici. Tipurile ilustrate de tabelul 2 au următorul înțeles intuitiv: PE este abrevierea pentru pronumele personal, PD pentru pronumele demonstrativ, PR pentru pronumele interogativ și relativ, PI pentru pronumele nehotărît, DN pentru articolul hotărît, IN pentru articolul nehotărît, NC pentru substantivul comun, NP pentru substantivul propriu, EP pentru prepoziție, AO pentru adjectivul posesiv, AQ pentru adjectivul calificativ, AD pentru adjectivul demonstrativ, AC pentru adjectivul cardinal și DT pentru unele cuvinte care au fost plasate în ceea ce a fost numit o categorie denotativă. (Exemple sînt *outre*, *là* (cînd urmează unui substantiv) și *même*.)

Tabelul 2. Tipuri de grup nominal pentru gramatica II

Grup nominal	Frecvența observată	Frecvența așteptată	Hi-pătrat
1	2	3	4
PE	1 436	1 331,9	8,1
PD	835	796,7	1,8
DN NC	792	817,7	0,8
NP	324	357,1	3,0
IN NC	284	335,8	7,8
EP NC	245	245,0	0,0
PR	171	160,6	0,6
NC	167	167,0	0,0
PI	152	139,5	1,0
AO NC	107	101,3	0,3
EP DN NC	60	18,6	90,3
IN AQ NC	52	27,7	20,4

1	2	3	4
AQ NC	43	53,4	1,8
DN AQ NC	40	67,5	10,8
AD NC	37	66,3	12,5
AC NC	18	11,4	3,2
DN NC AQ	16	19,6	0,5
DN DT NC	15	8,6	4,1

Așa cum se poate observa din date, concordanța este destul de bună, dar departe de a fi perfectă. Numai o singură categorie are o valoare hi-pătrat într-adevăr ciudată, cu toate că și celelalte sînt mai mari decît ar fi de dorit pentru cazul unei gramatici care concordă extrem de bine.

Modele ale dezvoltării

Una dintre temele cele mai importante și mai semnificative din psihologia dezvoltării este aceea a evoluției limbajului la copil. Există o bogată literatură cu privire la acest subiect, fiind date multe exemple interesante de însușire a unor deprinderi de limbaj particulare, referitoare fie la înțelegerea, fie la producerea limbajului. Pe de altă parte, din cauza a ceea ce ni se înfățișează a fi tulburătoarea complexitate a utilizării limbajului în ansamblu — chiar și în cazul unui copil foarte mic —, au existat, dacă au existat, puține tentative de a testa modele sistematice de dezvoltare a limbajului. Tipul de gramatică probabilistă susținut aici oferă genul de cadru cantitativ în interiorul căruia se pot concepe și testa modele matematice sau probabiliste specifice ale dezvoltării limbajului. Unele lucrări anterioare de teoria învățării și psihologie cognitivă stîrnesc un interes conceptual imediat prin diferențierea pe care o fac între dezvoltarea limbajului prin acumulări continue [incrementally], respectiv prin stadii discrete.

Înainte de a intra în detalii, este important să acceptăm că atît în abordarea prin stadii discrete cît și în cea continuă, incrementală, trebuie să ținem cont de faptul evident că toți copiii normali

își dezvoltă noi capacități lingvistice și noi deprinderi pe măsură ce înaintează în vîrstă, și anume într-un mod cu totul spectaculos în perioada dintre aproximativ 24 și 48 de luni. Sarcina interesantă pe plan intelectual nu este aceea de a afirma acest fapt evident ci, mai degrabă, aceea de a determina dacă conceptul de stadiu sau, dimpotrivă, conceptul, la fel de intuitiv, de dezvoltare continuă oferă o explicație mai bună a faptului amintit.

Modelul stadial de tipul totul sau nimic. Supozițiile de bază ale modelului stadial de tipul totul sau nimic sînt două. În primul rînd, dezvoltarea e discontinuă și poate fi reprezentată printr-un număr relativ mic de stadii. În al doilea rînd, în cadrul fiecărui stadiu există o probabilitate constantă P_r ca regula gramaticală r să fie utilizată. Supoziția tehnică este că aceste probabilități din cadrul unui anume stadiu, pentru un grup dat de reguli, constituie o repartiție multinomială, și astfel satisfac supozițiile de independență și staționaritate. Dar trebuie subliniat că nu vom testa supoziția unei repartiții multinomiale cu parametri fixați pentru fiecare regulă în timpul unui stadiu dat prin testarea, de exemplu, a independenței și staționarității. Singurul test detaliat pe care îl vom considera aici constă în identificarea stadiilor și în compararea adecvării modelului stadial cu adecvarea modelului incremental descris mai jos.

Trebuie, de asemenea, să fie clar că dacă nu limităm numărul stadiilor, atunci, pentru fiecare grup de reguli, datele pot fi ajustate exact după un model n-stadial, adică atribuind pur și simplu un stadiu pentru fiecare din cele n secțiuni temporale operate în date și ajustînd fiecare probabilitate fără eroare. Desigur, acest model nu este interesant și nu ne dă o înțelegere mai adîncă a comparației dintre modelul stadial și cel incremental. Ceea ce am făcut a fost să impunem cerința ca pentru fiecare grup de reguli să se caute numai două stadii de dezvoltare în cadrul perioadei acoperite de datele noastre. De exemplu,

dacă într-un anumit grup există n reguli atunci noi vrem să ajustăm $2n - 2$ parametri. Scădem doi parametri pentru că la fiecare stadiu, pentru un grup dat, suma probabilităților atribuite fiecărei reguli sau subgrup de reguli trebuie să fie 1. Dacă avem n reguli sau n subgrupe de reguli și șase stadii (numărul concret pe care îl luăm în considerare), atunci vom avea în general $6n-n$ grade de libertate, iar cu $2n-n$ parametri vom obține în final $4n-(n+2)$ grade de libertate, care oferă condiții pentru testarea modelului cu 2 stadii. Totuși, din punct de vedere statistic, nu vom face realmente uz de acest număr de grade de libertate; aceasta înseamnă că nu vom fi realmente interesați în a atribui un nivel de semnificație gradului de concordanță al modelelor, deoarece datele se află într-o formă prea grosieră, iar adecvarea modelelor nu este suficient de bună pentru a asigura o investigație detaliată a concordanței [goodness of fit].

Modelul incremental. O descriere calitativă a modelului stadiilor discrete este relativ simplă și a fost schițată mai sus. Lucrurile sînt mai complicate în cazul modelului incremental. Abordarea cea mai avantajoasă constă în a deriva o ecuație diferențială stocastică din considerații calitative și apoi a rezolva această ecuație diferențială pentru a obține curba de dezvoltare prezisă pentru un grup dat de reguli gramaticale.

Fără a susține că sîntem deja în situația de a elabora o teorie calitativă definitivă a modelului incremental, credem că putem oferi postulate care sînt intuitiv judicioase, la un nivel relativ brut de aproximare. Ca și în cazul altor numeroase tentative de a modela o situație de mare complexitate, introducem supoziții probabiliste pe care le testăm numai în sensul validității lor medii, fără vreo pretenție de a fi capabili să extindem teoria pentru examinarea detaliată a unor traiectorii particulare ale eșantioanelor.

În cele cinci supoziții care urmează, un concept central este acela de *ocazie favorabilă* pentru ca

un anume grup de reguli să fie utilizat. O astfel de noțiune este necesară deoarece probabilitățile de dezvoltare vizînd utilizarea unei reguli sînt probabilități condiționate — condiționate de utilizarea uneia dintre regulile ce fac parte din grupul căruia îi aparținea. Din formularea celor cinci supoziții, este evident că acest concept de ocazie favorabilă e luat ca primitiv, iar supoziția a cincea face explicit postulatul nostru probabilist cu privire la apariția unor astfel de ocazii. După judecata noastră, o sarcină centrală a unei teorii mai profunde a dezvoltării, care include semantica contextului, este de a da seama de caracterul specific și de apariția acestor ocazii. Acest fapt nu stă în puterile unei teorii a dezvoltării pur sintactice.

Supoziția 1. Cu ocazia unei rostiri, probabilitatea ca respectivul copil să încerce o regulă gramaticală dintr-un grup care e favorabil acelei ocazii este unu.

Supoziția 2. Imediat după ce o regulă r este utilizată, pe baza modelului ei mai dezvoltat de înțelegere, copilul va judeca oportunitatea celei mai bune alegeri a unei reguli din grupul dat. Această oportunitate e reprezentată, în medie, de o probabilitate constantă π_r.

Supoziția 3. Pentru fiecare regulă r dintr-un grup, are loc o schimbare incrementală lineară a probabilității de utilizare într-o ocazie favorabilă, ca funcție de probabilitatea constantă π_r ce reprezintă oportunitatea acelei utilizări. Astfel, în ocaziile favorabile

$$p(t + h,r) = (1 - \theta)\, p(t, r) + \theta\pi_r$$

Supoziția 4. Probabilitatea de a utiliza o regulă r se schimbă numai în ocazii favorabile utilizării grupului de reguli gramaticale căruia îi aparține r.

Supoziția 5. Apariția ocaziilor favorabile utilizării de către copil a oricărui grup de reguli

gramaticale urmează o lege Poisson, adică intervalele dintre apariţiile acestor ocazii favorabile sînt repartizate independent şi identic.

Din aceste cinci supoziţii putem deriva o simplă ecuaţie diferenţială stocastică medie. Mai întîi, fie μ parametrul procesului Poisson pentru apariţia ocaziilor favorabile utilizării unui grup de reguli dat. Aşa cum am specificat deja, fie $p(t, r)$ probabilitatea medie de utilizare a regulii r, dintr-un grup dat în momentul t.

Astfel, cu probabilitatea μh, vom avea

$$p(t + h, r) = (1 - \theta)\ p(t, r) + \theta\pi_r;$$

cu probabilitatea $o(h)$ mai mult de o ocazie favorabilă apare în intervalul h; iar cu probabilitatea $1 - \mu h - o(h)$ nu apare nici o astfel de ocazie şi, astfel, prin supoziţia (4)

$$p(t + h, r) = p(t, r)$$

Combinînd probabilităţile şi împărţind la h, avem:

$$\frac{p(t + h, r) - p(t, r)}{h} = -\theta\mu\pi_r(t, r) + \theta\mu\pi r + \frac{o(h)}{h}$$

De unde, pentru că $h \to o$, obţinem ecuţia diferenţială:

$$\frac{dp(t, r)}{dt} = -\theta\mu p(t, r) + \theta\mu\pi_r$$

a cărei soluţie pentru condiţia la limită $p(t, r) = p_r$ pentru $t = t_1$ este:

$$p(t, r) = \pi_r - (\pi_r - p_r)\, e^{-\alpha(t - t_1)}$$

unde $\alpha = \theta\mu$

Testarea empirică a celor două modele. Date detaliate cu privire la compararea modelelor stadial şi incremental pot fi găsite în Suppes, Léveillé şi Smith (1974) şi, într-o formă prescurtată, în Suppes, Léveillé şi Smith (1979). Nu este locul

aici să oferim o imagine foarte detaliată a modului în care datele cu privire la vorbirea lui Philippe, copilul francez la care ne-am referit mai sus, se potrivesc sau nu cu aceste două modele. Dintr-un punct de vedere larg conceptual, aspectul important aici este că e greu de văzut utilizarea altor metode decît cele probabiliste pentru o apreciere generală și sistematică a adecvării.

Așa cum ne-am fi putut aștepta pentru date de acest gen, adecvarea nu este precisă în cazul nici unui model, deși modelul incremental este mult superior. Dacă reflectăm și la alte deprinderi, atunci superioritatea modelului incremental nu mai este deloc surprinzătoare. Este aproape de neconceput că am putea avea o teorie a învățării de către copil a aruncării mingii sau a cîntatului la un instrument muzical care să ofere o bună descriere a fenomenului mai degrabă în termenii unui mic număr de stadii decît în aceia ai unor perfecționări crescînde mai mult sau mai puțin continue; desigur, utilizarea unui model incremental nu presupune că întotdeauna creșterile ar fi uniforme. Aproape fără excepție, deprinderile complexe manifestă perfecționări continue prin practică și, în această privință, vorbitul este exact ca și umblatul. Calea perfecționării este calea probabilistă a practicii.

8

RAȚIONALITATEA

Înțelesurile raționalității

Conceptul de raționalitate are o carieră filosofică îndelungată și plină de diversitate. Nu-mi propun să prezint sensul exact al acestei istorii, ci doresc doar să mă concentrez asupra unui număr de probleme centrale care s-au bucurat de o mare atenție în ultimii treizeci sau patruzeci de ani. În general vorbind, par să existe două concepte distincte, dar corelative, de raționalitate, majoritatea analizelor gravitînd în jurul unuia dintre ele. Pentru a utiliza o analogie din mecanică, conceptul cinematic de raționalitate, vizînd, în acest context, mai ales descrierea acțiunii sau alegerii, nu este altul decît viziunea utilitaristă, familiară cel puțin din timpul lui Bentham și dominantă în teoria economică și în concepțiile bayesiene despre raționalitate. Singura maximă de raționalitate a acestei abordări este regula după care decidentul trebuie să aleagă întotdeauna astfel încît să maximeze utilitatea așteptată [expected utility]. Elementele acestei concepții cu privire la raționalitate sînt binecunoscute. Decidentul are la dispoziție o funcție de utilitate sau de evaluare a consecințelor posibile și o funcție de probabilitate subiectivă ce reflectă credințele [beliefs] sale cu privire la starea naturii. Importanța includerii incertitudinii cu privire la adevărata stare a naturii nu a fost recunoscută în mod corespunzător de Bentham sau de filosofii și economiștii utilitariști din secolul al XIX-lea. În secolul nostru s-a ajuns ca ea să fie considerată un aspect central al teoriei

raționalității în acest sens utilitarist extins. Astfel, un om pus în fața unor tratamente medicale alternative nu poate să aleagă, pur și simplu, consecința posibilă pe care o dorește mai mult, ci el mai trebuie să evalueze probabilitatea ca acea consecință, sau altele, să poată fi realizată, dată fiind cel puțin parțiala ignorare a stării reale a bolii și a eficacității tratamentului. Caracterul generalizabil al acestui exemplu medical sprijină cît se poate de direct teza mea din capitolul 1 conform căreia teoria raționalității este intrinsec probabilistă (propoziția 8).

Din respect pentru literatură, voi numi adesea *bayesiană* concepția despre raționalitate axată pe maximizarea utilității așteptate. Această uzanță derivă din ideile reverendului Thomas Bayes (1764) cu privire la probabilitățile inițiale, cu toate că și alții au avut înainte idei similare, iar Laplace a avut cea mai semnificativă contribuție la dezvoltarea utilizării probabilităților inițiale într-o manieră profundă, în memoriul său timpuriu asupra cauzalității (1774). Folosirea termenului *bayesian* este, de asemenea, strîns legată de concepția subiectivă cu privire la probabilitate. Cercetarea acestui model de raționalitate bazat pe utilitatea așteptată este obiectivul central al celei de-a doua jumătăți a capitolului de față.

Cealaltă tradiție importantă își are originea în filosofia greacă și a primit o formulare clară la Aristotel. În această concepție alternativă omul rațional este acela care acționează în concordanță cu temeiurile bune [good reasons] și temeiurile însele sînt menite să asigure atingerea unui scop avut în vedere. Această viziune aristotelică ar putea fi caracterizată ca un fel de dinamică de tip calitativ a raționalității. Temeiurile bune joacă rolul cauzelor sau al forțelor din mecanică. Am numit mănunchiul de idei pe care le consider semnificative în această privință modelul procedurilor justificate. El este dezvoltat extensiv în secțiunea a doua, o oarecare atenție fiind acordată lui Aristotel, dar fără pretenția

unei abordări propriu-zis istorice. Există în viziunea aristotelică o ambiguitate legată de problema dacă pot fi date temeiuri bune pentru scopuri ultime, dar acest aspect, oarecum delicat, nu va fi tratat aici. De fapt, sînt omise și multiplele probleme încîlcite cu privire la raționamentele asupra unor scopuri care nu sînt mijloace pentru atingerea altor scopuri; deși importante, aceste probleme nu sînt esențiale în tratarea principalelor chestiuni examinate în acest capitol.

Folosirea expresiei *înțelesurile* raționalității e menită să sublinieze caracterul pluralist al abordării mele. Nu există concepte individuale sau teorii unificate care să domine în nici o disciplină științifică majoră, nici măcar în subdisciplinele cele mai puternic specializate. Fizicienilor le place să vorbească mereu despre teorii unificate, iar unii biologi scriu ca și cum teoria codului genetic ar fi întreaga biologie, dar aceste opinii sînt lipsite de suport faptic. Așa cum pluralismul e la ordinea zilei în orice știință dezvoltată, după cum am argumentat în capitolul 6, tot așa trebuie să fie el și într-un domeniu de o asemenea importanță teoretică și practică cum este raționalitatea. Faptul că mi-am restrîns analiza la conceptele grupate în jurul a două modele de raționalitate nu înseamnă că aș crede că nu există și alte modele. Totuși, acestea două sînt cele mai importante. În cele ce urmează vorbesc adesea de *teoria* raționalității, dar, din cele spuse deja, ar trebui să fie clar că nu cred într-o singură teorie, strict unificată. Utilizarea expresiei *teoria* este mai mult o chestiune de uzanță decît de conținut.

Alte sensuri filosofice ale lui a fi rațional sînt lăsate deoparte ca nerelevante. De exemplu, nu vom lua în considerare raționalismul ca viziune care susține că rațiunea, mai degrabă decît simțurile, asigură fundamentul adecvat al cunoașterii. Într-adevăr, ceea ce e cunoscut istoricește sub numele de școala „rațională" de medicină — membrii ei fiind raționaliști în sensul abia definit — trebuie privit ca un caz de iraționalitate,

în sensul în care folosim cuvîntul aici, din cauza refuzului de a utiliza dovezile empirice. În mod asemănător, nu mă voi ocupa de diferența dintre teologia rațională și cea divină. Nici de „rațional" ca formă de abstracție, așa cum apare problema în acel glorios subiect al filosofiei naturale din secolul al XVIII-lea, mecanica rațională.

Aș vrea, de asemenea, să remarc, într-o formă preliminară, primatul teoriei acțiunii raționale asupra teoriei vorbirii raționale. E adevărat, desigur, că în conversația obișnuită atribuim raționalitate atît vorbirii cît și acțiunii. Sîntem întru totul pregătiți să spunem „asta sună foarte rațional" atunci cînd comentăm, întîmplător, cuvîntarea unui om politic din tabăra noastră. Dar sîntem totodată pregătiți să spunem despre cineva că, deși vorbește convingător, acțiunile sale nu sînt convingătoare. Atît psihologia individuală a simțului comun, cît și concepția filosofică generală conform căreia principiile morale ale omului sînt cel mai bine exprimate de acțiunile sale, iar nu de vorbele sale, sprijină ideea că raționalitatea trebuie să fie evaluată în termeni de acțiuni, mai degrabă decît în termeni de vorbire. Această convingere este esențială pentru teoria bayesiană modernă a luării deciziilor.

Mai există un aspect ce trebuie subliniat în legătură cu aceste lucruri. Tendința firească este de a gîndi metodele bayesiene ca extinderi ale celor din logica clasică. Dar luarea în considerare mai curînd a acțiunilor și evenimentelor decît a expresiilor propoziționale sau a propozițiilor constituie o îndepărtare de logica clasică. Această dihotomie netă ar trebui privită cu suspiciune din cauza lipsei unei distincții nete între raționamentele deductive și cele inductive din vorbirea obișnuită. În argumentarea curentă, ca și în utilizarea cuvintelor care fixează baza de fapte relevante [evidential grounds], distingem rareori clar și precis între o considerație deductivă și una inductivă. Prin urmare, pare greșit să avem o teorie a raționalității care să facă distincție netă

între acțiuni, de o parte, și expresii propoziționale, de altă parte, repartizîndu-le pe primele teoriei acțiunii raționale, iar pe celelalte logicii.

Această dihotomie netă e mai mult o chestiune de aparență. Mai întîi, există o tradițională ambiguitate clasică în teoria probabilității în legătură cu faptul dacă trebuie să vorbim despre probabilitatea evenimentelor sau despre aceea a propozițiilor; eu nu cred că e important ce anume variantă alegem. În al doilea rînd, atribuirea de valori consecințelor — desigur, consecințelor în sensul de consecințe ale acțiunii, și nu de consecințe logice — înseamnă pur și simplu adăugarea unei trăsături suplimentare, neluată în considerare în cadrul logicii clasice. Dacă restrîngem teoria bayesiană sau teoria generală a raționalității în situații de incertitudine la teoria credinței parțiale [partial belief], atunci putem susține că teoria credinței parțiale sau teoria probabilității subiective — oricum am numi-o — este o extindere naturală și continuă a canoanelor deductive clasice de inferență.

Modelul procedurilor justificate

Modelul aristotelic al raționalității e axat pe găsirea bunelor temeiuri pentru acțiune. Principalele texte în această privință se găsesc în *Etica nicomahică*, dar remarci importante și semnificative pot fi întîlnite și în *De motu animalium*, ca și în alte lucrări ale lui Aristotel. Din punct de vedere formal, conceptul aristotelic de silogism practic este menit să ofere pentru raționamentul despre acțiuni analogul teoriei raționamentului despre cunoaștere încorporată în conceptul de silogism teoretic, așa cum e dezvoltat acesta în special în *Analitica primă*. Există o literatură destul de substanțială despre felul în care ar trebui gîndit în termeni moderni silogismul practic. De exemplu, concluzia trebuie oare gîndită ca fiind o acțiune sau ca fiind o propoziție ? Nu mi-am propus să trec în revistă

aici meandrele acestei literaturi care, în ciuda subtilității dovedite în tratarea multor aspecte, nu a depășit cu mult nivelul formulării sistematice.

Există, cred, un model mai bogat și mai bun în gîndirea greacă care nu pare să fi fost prea mult discutat, dar pe care vreau să-l utilizez — modernizat cum se cuvine, desigur — și care cred că, totuși, captează mult din spiritul general al modelului aristotelic. Așa cum am menționat deja, l-am numit modelul procedurilor justificate. Ideea de bază e de a da temeiurile bune pentru procedurile pe care le invocăm. În spiritul unei literaturi filosofice mult mai recente, aș fi putut utiliza expresia *modelul acțiunilor justificate*, dar, așa cum va deveni evident, am ales deliberat termenul *procedură* pentru a lega conceptul pe care îl am în minte atît cu distincțiile matematice ale antichității cît și cu conceptul de procedură din psihologia contemporană și din știința calculatoarelor.

Distincția relevantă din matematica grecească corespunde numai în linii mari distincției aristotelice dintre silogismul teoretic și cel practic. Este vorba de distincția lui Euclid între probleme și teoreme. E o distincție făcută și de mulți alți matematicieni greci și comentată pe larg de către Proclus. Deși termenul grecesc e *problema* și deci am avea puține scuze să nu-l traducem cu *problemă*, conceptul despre care vorbim este mai ușor de înțeles în termenii noștri dacă ne gîndim la diferența dintre teoremă și construcție. O teoremă asertează ceva ce este adevărat despre un anumit tip de figură sau combinație de figuri. Pe de altă parte, o problemă de construcție pune în discuție ceva ce trebuie făcut, de exemplu să se găsească o procedură pentru ca „pe o dreaptă finită dată să se construiască un triunghi echilateral", care e propoziția 1, cartea 1, din Euclid. Soluționarea unei probleme are, în mod firesc, două părți. Una privește construcția propriu-zisă, iar a doua demonstrația că această construcție e corectă. Ceea ce e caracteristic la Euclid este că demonstrația faptului că o construcție

este corectă se încheie cu cuvintele „ceea ce era de făcut". Într-o asemenea demonstrație, construcția și justificarea merg mînă în mînă. Pe de altă parte, în cazul unei teoreme, încheierea caracteristică a demonstrației este: „ceea ce era de demonstrat".

Una dintre trăsăturile importante ale împletirii de către Euclid a problemelor și teoremelor, așa cum apare peste tot în *Elemente*, este aceea că, deși există o distincție conceptuală netă între probleme și teoreme, justificarea fiecăreia se face în moduri foarte asemănătoare. Nu există o distincție generală între metodele prin care se demonstrează corectitudinea construcțiilor și acelea prin care se demonstrează că teoremele sînt valide. Această împletire strînsă a practicii și teoriei — ca să utilizăm distincția aristotelică implicită — pare firească și simplă în cazul unui obiect de studiu atît de puternic precizat cum este geometria. Problema e însă complicată și subtilă cînd abordăm chestiunile mai generale ale acțiunii raționale. Înainte de toate, este o greșeală să opunem silogismul teoretic, care are de-a face cu cunoașterea științifică teoretică, silogismului practic, implicat în acțiunile practice, și să-l considerăm pe ultimul ca model adecvat, cel puțin din perspectiva pe care o susțin eu. Problema rămîne totuși atît pentru fapte cît și pentru proceduri în cazul unui domeniu acțional practic: putem noi da o demonstrație de corectitudine ? Ceea ce e important aici este că nu atît distincția între proceduri și cunoașterea teoretică e decisivă, cît faptul dacă domeniul însuși suportă justificări în sensul demonstrației, fie pentru cunoaștere, fie pentru proceduri.

Pe de altă parte, însuși exemplul euclidian poate fi derutant în cele mai multe cazuri de proceduri justificate, deoarece completitudinea demonstrației de corectitudine se obține greu pornind de la un număr mic de axiome de bază. Într-un anume sens, comparîndu-l pe Aristotel cu Euclid, se pare că sîntem confruntați cu o dilemă. Exemplele lui Aristotel par, toate, triviale

și oarecum neinteresante în ce privește conținutul. Exemplele lui Euclid, pe de altă parte, sînt interesante și netriviale, dar mult prea restrictive și utilizează o metodologie a demonstrației care pare greu de urmat în cele mai multe domenii ale experienței.

Pentru aceste motive, ca și pentru altele, pare dezirabil să examinăm o serie de alte exemple de proceduri, cu și fără o justificare intuitivă adecvată. Vreau, de asemenea, să subliniez că procedurile justificate sînt un lucru important în orice arie semnificativă a experienței.

Rețetele culinare ca proceduri. Unul dintre locurile unde putem găsi proceduri netriviale, în privința cărora aproape oricine are o experiență, este subiectul unui interes universal: bucătăria. Este, de asemenea, posibil să acceptăm că posedăm o bună înțelegere intuitivă a scopului procedurii, anume prepararea mîncărurilor de o anume calitate și un anume gust, chiar dacă standardele de evaluare pot să nu fie întotdeauna complet și explicit verbalizate.

Să începem cu un exemplu luat dintr-o carte plină de rețete înalt codificate, dar din care lipsește orice justificare a procedurilor: *Enciclopedia mîncărurilor și bucătăriei chinezești*, de Winona W. și Irving B. Chang și Helene W. și Austin H. Kutscher (1970). Ca rețetă tipică, voi alege una pentru carne prăjită de vită cu nap (p. 358):

A. 2 linguri de ulei de arahide
B. 2 linguri de fasole neagră sărată
C. $\frac{1}{2}$ cățel de usturoi, tăiat mărunt
D. 1—2 felii de ghimber, tăiate mărunt
E. $\frac{1}{2}$ linguriță de sare
F. 1 livră antricot
G. 1 linguriță de ulei de arahide
H. 1 linguriță de amidon de porumb

I. 1 linguriță de sos slab de soia
J. 2 linguriță de vin de Xeres
K. $\frac{1}{2}$ linguriță de zahăr
L. 1 căpățînă de nap proaspăt
M. 2 linguriță de amidon de porumb
N. 2 linguri de sos tare de soia

Pregătirea

I. Tăiați F în bucăți de $\frac{1}{8}$ inci, tocmai bune pentru a fi consumate.
II. Amestecați G, H, I, J, K și marinați F în amestec timp de 15 minute
III. Amestecați B, C, D, E, și puneți deoparte.
IV. Tăiați tulpinile lui L pe diagonală, în felii de $1\frac{1}{2}$ inci, despicînd tulpinile mai tari. Opăriți tulpinile timp de 2 minute și puneți-le deoparte.
V. Amestecați M, N. Agitați bine înainte de utilizare.

Prepararea

1. Puneți A într-o tigaie foarte fierbinte și țineți la foc mare.
2. Adăugați amestecul B—E și prăjiți-l, amestecîndu-l rapid timp de 15 secunde pentru ca usturoiul să devină, treptat, cafeniu.
3. Adăugați F și G—K și prăjiți, amestecînd pînă cînd F este aproape făcut, dar rămîne crud înăuntru.
4. Adăugați L. Prăjiți amestecînd 15 secunde.
5. Adăugați încet amestecul M—N. Prăjiți amestecînd pînă cînd sosul se îngroașă și acoperă bine toate ingredientele.

Sutele de rețete din această carte sînt admirabil de clare în ce privește procedurile care trebuie urmate. Toate sînt scrise în acest stil, dar nu există nici o justificare a pașilor individuali sau a alegerii ingredientelor. Pe de altă parte, la începutul volumului există scurte secțiuni referitoare la bucătăria chinezească, la ustensilele utilizate pentru gătit, servit și consum, o discuție generală despre tehnicile culinare și un ghid al ingredientelor. Ceea ce lipsește cu desăvîrșire este o cît de mică intenție de a justifica pașii individuali din rețete.

Rămînînd pentru moment la bucătăria chinezească, o mare diferență se poate observa față de cartea lui Buwei Yang Chao *Cum să gătim și să mîncăm chinezește* (1963). Voi cita rețeta autoarei pentru pulpă întreagă rumenită de porc (p. 52):

1 pulpă întreagă sau șuncă proaspătă, 6—8 livre, inclusiv pielea și osul
2 pahare de apă rece
$\frac{1}{4}$ pahar de vin de Xeres
1 lingură de zahăr
1 pahar de sos de soia
2 sau 3 felii de ghimber proaspăt (dacă îl găsiți).

Lăsați întreaga șuncă proaspătă sau pulpa așa cum ați cumpărat-o, cu piele și os. După spălare, faceți cîteva crestături lungi pe părțile fără piele (astfel încît sosul să pătrundă mai ușor în timpul preparării). Puneți pulpa într-o oală grea, adăugînd cele 2 pahare de apă. Așezați la foc mare și acoperiți oala. Cînd fierbe, adăugați vinul de Xeres, sosul de soia și eventual, ghimberul. Acoperiți bine, din nou, oala. Puneți la foc foarte încet și lăsați o oră. Apoi întoarceți în jos partea acoperită cu piele. Lăsați încă o oră la foc încet. După aceasta,

adăugați zahărul și lăsați la foc pentru încă $\frac{1}{2}$ — 1 oră $\left(2\frac{1}{2} - 3\right.$ ore în total, depinzînd de frăgezimea cărnii cumpărate$\left.\right)$.

Pentru a încerca preparatul, înfigeți o furculiță sau un bețișor în carne. El e gata atunci cînd bețișorul intră foarte ușor în carne. Dacă nu, lăsați totul încă puțin la foc încet. Țineți cont, desigur, că dinții unei furculițe sînt mai tari decît majoritatea bețișoarelor.

Servit ca felul doi, așa cum trebuie procedat într-o familie mică, preparatul poate fi încălzit sau mîncat rece. Încălziți-l la foc mic, astfel încît să nu se ardă partea de dedesubt. Cînd îl mîncați rece, el e mai rigid și poate fi tăiat în bucăți mai ușor de mîncat, împreună cu substanța gelatinoasă. (Culegeți grăsimea de la suprafață pentru a prepara alte mîncăruri.)

Să reținem tendința de a da justificări în diferite puncte, ca, de exemplu, în fraza cuprinsă între paranteze: „astfel încît sosul să pătrundă mai ușor în timpul preparării"; sau, în ultimul paragraf, motivul pentru care preparatul trebuie încălzit la foc mic este ca „să nu se ardă partea de dedesubt"; iar în ultima frază: grăsimea trebuie culeasă „pentru a prepara alte mîncăruri".

Să mai notăm o trăsătură a acestei rețete. Anume aceea de a oferi teste care arată că un scop sau un subscop a fost atins sau, dacă nu, ele ne arată ce trebuie făcut. Exemplificarea acestui aspect se află în pasajul: „Pentru a încerca preparatul, înfigeți o furculiță sau un bețișor în carne. El e gata atunci cînd bețișorul intră foarte ușor în carne. Dacă nu, lăsați totul încă puțin la foc mic". Aici se subînțelege că unul din scopurile rețetei este să producă frăgezimea cărnii.

În sfîrșit, ca un al treilea exemplu, dați-mi voie să citez dintr-o carte de bucate italiană a Marcellei Hazan (1977), care ne place în mod deosebit mie și soției mele. Vreau să citez cîteva pasaje

din rețeta pentru *Ossobuco alla milanese*. Din cauza lungimii rețetei am selectat numai cîteva pasaje. În primul paragraf autoarea spune: „Picioarele dinapoi sînt mai bune decît cele dinainte pentru *ossobuco*, deoarece sînt mai cărnoase și mai fragede". Rețineți această justificare pentru a alege picioarele din spate. Autoarea recomandă, de asemenea, teste acolo unde e cazul, de exemplu: „Cînd uleiul a devenit fierbinte (încercați-l cu capătul uneia din bucățile de carne: un sfîrîit moderat înseamnă că temperatura este tocmai bună), rumeniți carnea pe toate părțile". În continuarea aceleiași instrucțiuni cu privire la încălzirea uleiului ea indică următoarele: „(Rumeniți carnea imediat după ce a fost tăvălită în făină, căci altfel făina se poate umezi, iar carnea nu se va rumeni corespunzător.)". Sensul exact al lui *altfel* este de a justifica instrucțiunea care spune să se rumenească repede carnea după ce a fost tăvălită prin făină. Cîteva aliniate mai departe, vorbind despre verdețuri și sare, autoarea spune: „Nu adăugați sare pînă după preparare dacă utilizați supă de vită conservată. Aceasta e uneori foarte sărată". Ultimul enunț oferă justificarea pentru abținerea de a săra. În sfîrșit, altă procedură implicită de testare poate fi găsită în următoarele două expresii: „Supa trebuie să acopere bucățile de carne. Dacă e cazul, mai adăugați". După părerea noastră, una dintre marile virtuți ale cărții lui Hazan rezidă în justificările lucide pe care le dă pentru diferitele proceduri recomandate.

Dar chiar și în cazul unor excelente cărți de bucate cum sînt cele ale lui Chao și Hazan nu trebuie să ne așteptăm să găsim tipul de justificare meticuloasă a fiecărui pas, așa cum se întîmplă la Euclid. Aceasta nu e un defect al acestor foarte bune cărți de bucate, ci o caracteristică a procedurilor de pregătire și preparare a mîncărurilor. Desigur, nu e suficient să spunem numai atît. Putem, de asemenea, să recunoaștem cu ușurință că există o profundă diferență între cele două cazuri, în sensul următoarei dimensiuni impor-

tante: în cazul geometriei, fiecare pas e justificat într-o manieră care face improprie orice discuție sau analiză ulterioară, cel puțin în limitele conținutului exprimat de axiome și postulate. (Anumite cercetări fundamentale asupra naturii spațiului pun efectiv în discuție bazele geometriei euclidiene, dar acestea sînt investigații foarte specializate care pot fi lăsate deoparte în acest context.) În cazul artei culinare, pe de altă parte, întreaga chestiune rămîne deschisă într-o măsură mult mai mare. Nu are loc o înregimentare intelectuală a subiectului. Nu avem temeiuri precise pentru a justifica fiecare pas, și există mult loc pentru variație, ca și pentru dezbateri în legătură cu formularea adecvată a fiecărei proceduri. Această variație nu este de felul aceleia de la Euclid. Există căi diferite de a realiza aceeași construcție, dar aici există efectiv proceduri care produc rezultate diferite pentru a atinge același scop, și pot exista discuții cu privire la virtuțile unei proceduri comparativ cu alta, în termenii rezultatelor, chiar și făcînd abstracție de chestiunea care dintre ele e mai elegantă sau mai eficientă — un aspect al construcțiilor geometrice care ar putea fi, de asemenea, luat în considerare.

Va fi existînd la multă lume tendința de a despărți problemele lui Euclid de rețetele pe care le-am citat, în spiritul tradiționalei diviziuni între matematica pură și artele practice. Insist asupra ideii că această diviziune e greșită. Pentru scopurile clasificărilor administrative, organizării universităților, ale conferirii titlurilor etc. aceste diviziuni pot juca un rol util, dar nu cred că ele posedă vreun statut intelectual fundamental. Consider construcțiile lui Euclid ca fiind de același gen cu rețetele lui Chao și Hazan. Desigur, în primul caz subiectul este mult mai bine dezvoltat. Noi înțelegem cum să axiomatizăm construcțiile geometrice într-un mod pe care nu-l înțelegem în ce privește arta culinară; și s-ar putea foarte bine să fie improprie însăși tentativa de a axiomatiza arta culinară în sensul axiomelor care duc la o justificare a procedurilor. Dar în ambele

cazuri ni se indică o procedură pe care o putem utiliza în lumea reală și care duce la un rezultat specific concret atunci cînd este aplicată într-un caz specific. Nu este cazul să ne angajăm aici într-o dezbatere complicată cu privire la faptul dacă matematica are un statut *a priori* special. Din cele spuse în capitolul 4 este clar că eu cred că nu are. Răspunsul acesta mi se pare adevărat mai ales cu privire la subiectul matematic particular care e geometria plană, subiect ce are atît de multe aplicații practice, de la dulgherie la construirea podurilor[1].

Rawls (1971, p. 85—86) delimitează trei tipuri de justiție procedurală. Justiția procedurală perfectă se obține cînd există un criteriu independent pentru aprecierea rezultatului și o procedură care garantează, în principiu, rezultatul just. Justiția procedurală imperfectă se obține cînd există un criteriu independent, dar nu există necesarmente o procedură care să garanteze rezultatul dorit. În sfîrșit, justiția procedurală pură se obține cînd nu există nici un fel de criteriu independent pentru aprecierea rezultatului, dar există un criteriu pentru a aprecia imparțialitatea sau corectitudinea procedurii înseși.

Ar fi util să vedem cît de bine funcționează această diviziune tripartită în cazul procedurilor raționale discutate aici. Construcțiile geometrice de tip euclidian ilustrează raționalitatea procedurală perfectă, deoarece potrivirea dintre rezultatul dorit și procedurile utilizate este exactă. Geometria practică, bunăoară topografia, arta culinară și alte arte practice, abundă în exemple de raționalitate procedurală imperfectă, din cauza inevitabilelor erori de măsurare și a variațiilor din materialele fizice utilizate. Construcțiile eu-

[1] Geometria practică, strîns legată de geometria euclidiană standard, care e contrapartea ei teoretică, are o lungă istorie, mergînd pînă în antichitate. O bună descriere a tratatelor medievale de geometrie practică, a diversității conținutului lor ca și a varietății concepțiilor cu privire la rigoare, pot fi găsite în Victor (1979).

clidiene sînt perfecte numai din cauza înaltului nivel de abstractizare.

Este, poate, mai puțin clar care sînt cazurile analoge justiției procedurale pure. Un candidat acceptabil ar fi rețetele, nu numai de bucătărie, ci din toate ariile de activitate pentru care au fost scrise îndrumare practice. Putem considera drept pură o rețetă, dar, în același timp, nu putem da nici o garanție de principiu cu privire la rezultatele pe care le vom obține utilizînd-o. Experiența validează procedura, dar nu rezultatul. Cum își face loc probabilitatea în acest tablou vom discuta în secțiunea următoare.

Aplicațiile procedurilor și probabilitatea. Cînd privim la geometria concepută à la Euclid pare să nu existe loc pentru probabilitate. De asemenea, conceptele probabiliste par să nu-și găsească utilizarea în rețetele de bucătărie citate, deși există o deosebire între cele două cazuri. Rețetele se referă implicit la rezultate *așteptate*. Se dau, de asemenea, proceduri de testare a frăgezimii, solidității etc. dorite în funcție de diferite perioade de preparare. Rețetele sînt scrise pentru un nivel de aplicare mai amănunțit decît textele lui Euclid sau alte texte geometrice similare. În domeniul artei culinare probabilitatea apare în termeni de așteptări. Dar cum apare ea în geometrie ? La nivelul de abstractizare al lui Euclid această apariție e foarte dificil de sesizat, exceptînd cazurile de greșeli în demonstrație, așa cum s-a discutat în capitolul 4. Dar atunci cînd sînt luate în considerare metodele specifice de aplicare, probabilitățile și așteptările apar în mod firesc deoarece nivelul detalierii poate fi chiar mai fin decît acela din cazul rețetelor citate. Iată un exemplu de instrucțiuni pentru utilizarea compasului diferențial, care este un compas fără creion sau peniță la capătul unuia din brațe. Pasajul e luat dintr-un text clasic de desen tehnic (French, 1941).

Compasul diferențial este utilizat pentru a transpune măsurători și pentru a împărți liniile

în orice număr de părți egale. Ușurința în utilizare este o calitate esențială la acest instrument, fiind posibilă deprinderea unui control rapid și absolut al manipulării lui. Instrumentul va fi desfăcut cu o mînă, prinzînd canelura între degetul mare și cel mijlociu. Această mișcare îl va aduce în poziția corectă, cu degetul mare și arătătorul în afara brațelor și cu degetele mijlociu și inelar înăuntru, capul fiind sprijinit chiar înaintea celei de-a doua articulații a arătătorului ... El se află astfel sub un control perfect, cu degetul mare și arătătorul gata de a-l închide și cu celelalte două degete gata de a-l deschide. Această mișcare va fi efectuată pînă cînd se realizează o ajustare la cea mai mică fracțiune. Ajungînd la diviziuni mici, degetele mijlociu și inelar trebuie retrase treptat dintre brațe, în timp ce acestea se strîng. Rețineți că degetul mic nu se folosește în manipularea compasului diferențial (p. 17).

Detalii comparabile privitoare la rețete ar presupune ca ele să includă instrucțiuni despre cum să ținem o tigaie sau un polonic, cum să umplem o oală etc.

Faptul că tipul de manipulare a compasului descris mai sus nu este, în practică, niciodată perfect e o consecință evidentă a naturii continue a mărimilor geometrice măsurate. În aplicațiile unde prezintă importanță, se utilizează o teorie probabilistă a erorilor, complicată și elaborată, ca, de exemplu, în topografie. Instrucțiuni cum sînt cele de mai sus sînt menite să ajute la reducerea erorilor la un nivel maniabil, dar nu se nutrește iluzia că erorile ar putea fi eliminate.

Subliniez, de asemenea, că nu există două nivele ale geometriei, anume geometria abstractă și concretă, sau, în termeni mai familiari, pură și aplicată. Există mai multe nivele. O trăsătură importantă a geometriei moderne rezidă în sporirea gradului de abstractizare față de cel întîlnit la Euclid. Poate că prezentarea cea mai clară și mai satisfăcătoare din punct de vedere filosofic a acestei concepții este articolul clasic al lui Tarski

(1959). În cealaltă direcție claritatea este mai puțin obișnuită. Ca și alte proceduri, procedurile geometrice pot fi întotdeauna descrise prin acordarea unei atenții din ce în ce mai sporite detaliilor. Considerațiile probabiliste sînt cu atît mai prezente cu cît nivelul de detaliere crește. De exemplu, am putea să extindem instrucțiunile de manipulare a compasului diferențial recomandînd cît de repede trebuie mișcat compasul pentru ajustarea razei sau pentru deplasarea de la un punct fix la altul. Traiectoria reală a mișcării, care o aproximează pe cea recomandată, poate fi considerată, în modul cel mai firesc, ca o traiectorie-eșantion dintr-un anume proces stocastic continuu. Studiul exact al unor deprinderi motrice importante este desfășurat, pe bună dreptate, într-un astfel de cadru stocastic.

Cineva ar putea susține că executarea procedurilor de către un calculator constituie o clasă importantă de contraexemple la ceea ce afirm eu despre felul cum executăm noi procedurile. Instrucțiunile, s-ar putea spune, sînt scrise într-un limbaj de programare formal, ca BASIC, FORTRAN sau LISP, iar executarea lor numerică nu lasă loc pentru variație și deci pentru probabilitate sau eroare. Dar această afirmație este greșită. Pe măsură ce intrăm în detaliile hardware-ului, viziunea numerică [digital] se dizolvă într-un continuum de unde și impulsuri electromagnetice. Nivelele acceptabile de toleranță a variației constituie una dintre trăsăturile cele mai importante ale proiectării hardware-ului, dar natura variației nu e descrisă aici în termeni definitivi, tot așa cum nu e ea descrisă în cazul variației deprinderilor motrice umane. Comportamentul așteptat al hardware-ului este caracterizat cu grijă odată cu marjele de toleranță mai puțin explicite. Variația probabilistă în interiorul acestor limite este inevitabilă și acceptată.

Ceea ce am spus despre prăpastia fără fund a detaliilor generează pe loc o întrebare cu privire la raționalitate. Există oare un concept adecvat de raționalitate la fiecare nivel de descriere și

analiză ? Răspunsul meu reiese cu evidență din cele spuse deja despre proceduri. În principiu, există un concept de raționalitate adecvat fiecărui nivel de detaliere. Dezvoltarea explicită a conceptului depinde, totuși, de impunerea sau nevoia unor standarde la nivelul dat. Utilizarea compasului diferențial de către desenatorul obișnuit nu este controlabilă la un nivel înalt de detaliere pentru a putea obține rezultate optime în ce privește precizia sau eficiența. Cronometrarea mișcărilor la liniile de montaj este adesea o chestiune diferită. Poate că exemplele cele mai bune le oferă sporturile de înaltă competitivitate, unde performanța e măsurată pe o dimensiune cantitativă simplă, cum e timpul sau distanța. Cei mai buni antrenori studiază detalii comportamentale de o finețe extraordinară în vederea îmbunătățirii performanței. Recomandările lor constante de a schimba ceva reflectă întotdeauna un criteriu implicit de raționalitate.

Toate acestea ar trebui, de asemenea, să clarifice modul în care cred eu că modelul procedurilor justificate poate fi asociat în mod consistent modelului utilității așteptate, pe care îl voi discuta, pe larg, mai tîrziu. Modelul utilității așteptate este formulat și analizat la un înalt nivel de abstractizare. Cu cît nivelul de analiză este mai detaliat, cu atît e mai dificilă abordarea într-o manieră autentic cantitativă. Justificarea procedurilor în sensul lui Aristotel sau Euclid depășește sensibil acest nivel. Atunci, la un nivel și mai fin, justificarea verbală însăși dispare, chiar dacă ajustările și îmbunătățirile continuă neîncetat. Ca și copiii, adulții se află într-un proces continuu de învățare și schimbare fără să știe cum și de ce. Schemele verbale de analiză și justificare pot organiza rațional numai vîrful aisbergului comportamental.

Bucătari și dulgheri rafionali. Pentru că abia am menționat dulgheria și am consumat atîta timp cu arta culinară, merită să luăm în considerare un aspect legat de felul în care examinăm de

obicei comportamentul rațional. În cele mai multe împrejurări ar suna neobișnuit să vorbim despre un bucătar rațional sau despre un dulgher rațional. Din această cauză, s-ar putea crede că lungile mele exemple din domeniul artei culinare sînt greșite, că nu vorbim realmente niciodată despre prepararea rațională a mîncărurilor, tot așa cum nu vorbim de bucătari rționali, și, de aici, că modelul procedurilor justificate pe care-l propun are un domeniu de aplicare cu mult mai limitat decît susțin eu. E clar care este răspunsul adecvat. Noi tindem să folosim cuvîntul *rațional* atunci cînd evaluăm activitățile practice sau anumite aspecte particulare ale comportamentului. Să luăm, de exemplu, sfatul Juliei Child că atunci cînd un sos terminat începe să se taie e bine să încercăm să batem în el o lingură de apă rece pentru a-l reface. E ușor să ne imaginăm pe cineva care urmărește această procedură și spune: „Bravo, iată ce înseamnă să gîndești repede și să-ți salvezi sosul". Într-un discurs mai protocolar și mai afectat, cineva ar putea zice: „Ei, dar văd că ești un adevărat rezolvitor rațional de probleme atunci cînd ai dificultăți cu gătitul". Pot, de asemenea, să-mi imaginez pe cineva spunînd unui dulgher care a făcut o treabă excelentă armonizînd un perete nou cu unul vechi în reamenajarea locuinței, că a abordat problema în mod rațional și a găsit soluția cea mai bună la o treabă ce dădea bătaie de cap.

Există însă și un alt aspect, mai problematic încă. Atunci cînd spunem că dulgherul a rezolvat în mod rațional o problemă sau că bucătarul a găsit repede o soluție rațională pentru a salva sosul, noi evaluăm, de obicei, caracterul procedurii înseși și nu vreo justificare a ei. Aceasta este o violare clară a modelului aristotelic sau euclidian, în sensul că nu s-a dat nici o justificare a procedurii, exceptînd-o, poate, pe cea pragmatică, ce constă din susținerea că rezultatele sînt foarte adecvate, și aceasta în special în cazurile cînd se crede că nu poate fi găsită nici o soluție realmente bună. Acestea sînt cazuri care se subor-

donează maximei: „Rezultatul scuză mijloacele". Ele reflectă un aspect important al comportamentului rațional. Problema e că modelul euclidian este amăgitor. De obicei, nu sîntem capabili să justificăm cît de cît serios fiecare pas al unei proceduri complicate, dar susținem, totuși, că putem judeca adesea care dintre procedurile complexe sînt raționale sau înțelepte și care nu sînt. Facem această judecată într-o manieră cu totul intuitivă și considerăm respectiva evaluare ca fiind o justificare pentru procedură în ansamblu. E implicat aici un proces de justificare, deoarece noi evaluăm rezultatele procedurii sau, în unele cazuri, chiar linia ei de atac sau intenția, fără a tinde să edificăm acel tip de justificare complexă atît de splendid expus la Euclid. Deși putem spera la mai bine, adesea trebuie să ne mulțumim cu judecăți holistice care sînt cam tot atît de îndepărtate de metodologia lui Euclid pe cît se poate imagina. Nu spun că ar trebui să acceptăm cu o morgă satisfăcută astfel de justificări, ci numai că trebuie să recunoaștem că în multe situații practice importante nu vor exista altele.

Practicul și teoreticul. Nu oricine va fi de acord cu ceea ce susțin eu despre caracterul esențialmente similar al procesului de justificare a argumentelor în geometrie și în artele practice cum e arta culinară. De exemplu, în cartea sa *De motu animalium a lui Aristotel* (1978), Martha Nussbaum argumentează că greșesc acei interpreți ai lui Aristotel care vor să stabilească o paralelă strînsă între teoria silogismului practic și teoria silogismului teoretic. Autoarea susține că de fapt Aristotel nu ar fi urmărit o teorie a raționamentului practic cît mai apropiată cu putință de fundamentele cunoașterii teoretice expuse în *Analitica secundă*. Fără a intra în detaliile argumentării sale, ceea ce subliniază autoarea este că există multe șanse să se susțină că raționamentul relativ la chestiunile practice ar trebui să aibă, după Aristotel, un caracter dialectic.

Discutînd deliberările unui doctor cu privire la starea de sănătate a pacientului, Aristotel spune în Cartea VII, capitolul 7 din *Metafizica* (traducerea lui Nussbaum):

> [Ideea de] sănătate apare ca rezultat al unor cugetări de felul următor: deoarece sănătatea este *ceva*, atunci este necesar, dacă e să existe sănătate, ca acel *ceva* să fie prezent, de pildă echilibrul umorilor. Şi dacă acest ceva [are loc], atunci [are loc] temperatura. Şi el continuă să cugete în această manieră pînă cînd ajunge la primul lucru pe care el însuşi e capabil să-l facă (1032 b 6—9)*.

Cu astfel de exemple Aristotel îşi consolidează binecunoscutele-i concepţii despre scop. Cînd un agent are dorinţe şi convingeri de o anume formă, el trebuie să acţioneze cu necesitate în direcţia lor. Ele constituie în sine un fel de explicaţie completă sau justificare a acţiunii lor. Merită să reţinem cît de apropiate sînt aceste reflecţii, în forma lor generală, de ceea ce afirmă utilitariştii despre maximizarea utilităţii aşteptate: nici o justificare suplimentară nu mai e necesară pentru o acţiune dată.

Modelul de bază al teoriei aristotelice a raţionamentului practic rezidă în aceea că noi facem inferenţe de la un scop dorit la prima acţiune necesară pentru începerea procesului de atingere a scopului. Pentru acţiunile practice Aristotel nu oferă nimic ce ar putea constitui un analog epistemologic al genului de fundamentare demonstrativă pe care-l propune în *Analitica secundă* pentru

---

* Iată şi traducerea lui Şt. Bezdechi (Aristotel — *Metafizica*, Editura Academiei R.P.R., Bucureşti, 1965, p. 233—234): „Noţiunea sănătăţii se naşte în mintea medicului astfel: dacă, de pildă, îşi zice el, sănătatea constă în cutare lucru anume, atunci dacă vrem să fim sănătoşi trebuie să existe acest cutare lucru, să-i zicem echilibrul, îngrijindu-ne ca să avem căldura necesară pentru realizarea acestui echilibru. Şi, în mintea medicului, acest proces de judecată continuă pînă ajunge la ultimul element pe care el are putinţa să-l realizeze". — *Nota trad.*

cunoașterea teoretică. Pe de altă parte, nu există în *Analitica secundă* nici o teorie a construcțiilor ca atare. Așa cum a devenit evident, înclin foarte mult să asimilez modul nostru actual de raționare asupra problemelor teoretice modelului aristotelic de raționare cu privire la problemele practice.

Există și o altă distincție în matematica vechilor greci pe care o putem invoca pentru a dezvolta acest punct. E vorba de distincția dintre analiză și sinteză. Definiții, destul de obscure, ale analizei și sintezei pot fi găsite în cartea 13 din Euclid. Există multe discuții pe această temă în Proclus și Pappus. Iată ce spune Pappus, citat după traducerea lui Heath, în introducerea sa la *Elementele* lui Euclid:

> Prin urmare, analiza ia ceea ce este căutat ca și cum ar fi admis și trece de la el, prin intermediul consecințelor sale succesive, la ceva ce e admis ca rezultat al sintezei: căci în analiză noi presupunem ceea ce e căutat ca și cum ar fi (deja) dat și ne întrebăm ce este acel ceva din care rezultă acesta și, din nou, care e cauza antecedentă a acestuia din urmă și așa mai departe pînă cînd, făcînd astfel de pași înapoi, ajungem la ceva deja cunoscut sau aparținînd clasei primelor principii; și această metodă o numim noi analiză, ca fiind o rezolvare de-a-ndăratelea. Dar în sinteză, inversînd procesul, considerăm ca deja dat ceea la ce s-a ajuns în finalul analizei și, aranjînd în ordinea lor naturală în calitate de consecvenți ceea ce au fost mai înainte antecedenți și conectîndu-i succesiv unul cu altul, ajungem, în final, la construcția care era căutată; și aceasta numim noi sinteză (p. 138).

Astfel, în analiză, dacă vrem să dovedim o anumită propoziție, presupunem că ea este o ipoteză și-i investigăm consecințele. Aceasta ar părea să fie eroarea afirmării consecventului, dar desigur că grecii au avut grijă să insiste asupra a ceea ce ei au numit convertibilitatea completă sau, în termenii logicii moderne, echivalențele și nu, pur

și simplu, implicațiile. În mod obișnuit, analiza era urmată de sinteză, care oferea demonstrația formală. (Pentru o excelentă expunere detaliată a acestor chestiuni, vezi Hintikka și Remes, 1974).

Domeniul real de aplicare al analizei îl constituiau problemele, i.e. construcțiile, mai degrabă decît teoremele. Cum spunea Proclus, aceasta era singura metodă generală folosită pentru a rezolva toate „problemele cele mai absconse". Metoda consta în a presupune toate condițiile cerute de problema ce trebuia rezolvată, a cerceta cum pot fi transformate ele și a continua aceste transformări pînă cînd se ajungea la condiții ce puteau fi satisfăcute, întocmai ca acele acțiuni ale lui Aristotel care pot fi luate de către medic ca prim pas în tratarea pacientului. Dar există, totodată, o diferență importantă față de cazul lui Aristotel. Se cere, întotdeauna, ca procedurile să fie suficiente pentru a realiza construcția dorită, pe cînd Aristotel dă numai proceduri necesare pentru apărarea sănătății. În multe situații practice, inclusiv din practica medicală, e ușor de văzut că procedurile adoptate pentru rezolvarea problemei nu sînt nici necesare și nici suficiente. Intră în joc atunci considerațiile probabiliste. Adeseori ne simțim norocoși cînd avem o probabilitate rezonabilă ca procedurile adoptate să producă rezultatul dorit.

Nu e greu de văzut că ceea ce lipsește în cazurile practice este acel gen de tratament ulterior, sub forma sintezei, care aduce totul laolaltă înapoi, pentru a ne da două lucruri: mai întîi, construcția, în ordinea în care trebuia realizată și, apoi, proba demonstrației că, practic, construcția este corectă. Nu vreau să susțin că am putea extinde ușor sau direct și la alte chestiuni importanta metodă a analizei aplicată la problemele geometrice, dintre care un mare număr pot fi găsite în *Datele* lui Euclid, a cărei traducere în latina medievală a fost publicată recent (Ito, 1980). Din punctul de vedere al prezentării rutinei explicite: analiză — — urmată — de — sinteză, aplicată la o colecție de probleme, un exemplu mai bun e oferit de

lucrarea lui Arhimede *Despre sferă și cilindru*, Cartea II. În orice caz, asemănarea cu Aristotel este surprinzător de mare și cred că sprijină argumentul meu de a trata laolaltă metodele raționamentului teoretic și ale celui practic.

Mai există un aspect, de un gen diferit, pe care aș vrea să-l susțin pentru a apropia mai mult metodele teoretice și cele practice. Exemplul geometriei grecești este înșelător dacă e privit în contextul global al științelor matematice din Grecia antică. Am argumentat altundeva (Suppes, 1980 a) că utilizarea strictă a metodei axiomatice nu este deloc caracteristică în afara geometriei și am analizat acolo trei exemple importante: *Optica* lui Euclid, *Despre echilibrul planelor* a lui Arhimede și *Almageste* a lui Ptolemeu. Dată fiind importanța ei esențială în istoria științei, îmi voi restrînge remarcile la *Almageste* a lui Ptolemeu. Acesta utilizează cu multă ușurință argumentul matematic și demonstrația matematică, dar folosește matematica într-o manieră aplicată. El nu operează cu axiome explicite despre mișcarea stelelor, ci reduce studiul mișcării lor la propoziții geometrice, foarte mult în spiritul a ceea ce am spus cu privire la metoda grecească a analizei problemelor [2]. Dar, ca și în cazul raționamentului practic al lui Aristotel, Ptolemeu nu continuă pentru a ajunge la o sinteză, ci se mulțumește cu analiza. Nici în știința teoretică nu este urmat modelul matematicii axiomatice. Raționamentele reale, atît teoretice cît și practice, au un aspect mult mai neformal și mai

[2] Așa cum mi-a atras atenția Jules Vuillemin, poate apărea adecvat să privim ca axiomă ipoteza fundamentală a lui Ptolemeu cu privire la reprezentarea mișcării aparent neregulate a Soarelui prin compunerea unor mișcări circulare și regulate enunțată în cartea III din *Almageste*. Ea este utilizată ulterior într-o formă mai generală, pentru a studia mișcarea lunii și a celor cinci planete. Dar ceea ce am spus eu despre lucrare, anume că nu are caracter axiomatic, rămîne; totodată din punctul de vedere al grecilor, termenul corect este *ipoteză* și nu *axiomă*, căci supoziția generală a lui Ptolemeu cu privire la mișcarea cerurilor nu are statutul unei axiome.

dialectic. L-am luat ca exemplu pe Ptolemeu pentru că am introdus mai devreme în discuție punctul de vedere metodologic caracteristic contextului științei și filosofiei antice grecești, dar exact aceleași aspecte sînt destul de ușor de dovedit și pentru fizica modernă sau pentru oricare altă știință modernă. Dacă ar trebui să spunem care dintre modelele aristotelice este urmat de tratatele de fizică modernă, mi se pare clar ce anume vom răspunde.

Intenția mea nu este de a încerca să asimilez în întregime știința teoretică modelului procedurilor justificate pe care l-am propus ca model de raționalitate, ci, mai degrabă, să clarific de ce nu trebuie să fim dezamăgiți de absența unor analize axiomatice netriviale ale acțiunii practice. Pe de altă parte, nu trebuie nici să ne postăm ferm pe poziția că există o diferență radicală între raționamentul teoretic și raționamentul practic. Diferența este una de grad și nu de natură. În aproape nici un caz de raționament practic nu avem posibilitatea să procedăm axiomatic, dar la fel se întîmplă de obicei și în știință. Metodele axiomatice sînt rareori utilizate simultan cu luarea în considerare a unor mulțimi de date detaliate sau de dovezi experimentale. Acele părți ale științei teoretice care procedează axiomatic, ca, de exemplu, anumite părți ale teoriei economice moderne, nu sînt expuse, de obicei, în același timp cu luarea în considerare, într-o formă complexă și subtilă, a datelor.

Matematicianul sovietic Manin (1979/1981) a formulat foarte frumos deosebirea care există între fizica teoretică și matematică: „Fizica teoretică modernă este o lume de idei viguroasă și luxuriantă, în întregime rabelaisiană, iar un matematician poate găsi în ea orice, exceptînd ordinea cu care este obișnuit" (p. X). Un fizician modern va fi tot atît de disprețuitor față de cerința rigorii matematice pe cît va fi un om de afaceri care se duce în oraș ca să semneze un act de proprietate și care, după ce spune că pentru asta merge în oraș, e totuși întrebat: „Bine, dar *acum* de ce

faci asta?" Pentru el aceasta e o întrebare fără sens, la fel cum e fără sens, în cele mai multe împrejurări, să întrebi un fizician: „Poți să justifici cu rigurozitate răspunsul?"

Există încă o modalitate de a privi știința teoretică din punctul de vedere al procedurilor. *Activitatea* de producere a științei teoretice cade sub incidența directă a modelului procedurilor justificate. Rezultatele acestei activități au o formă diferită de rezultatele a ceea ce numim în mod obișnuit activități practice, cum sînt arta culinară sau dulgheria. Sub raportul rezultatelor nu reproșez nimic distincției tradiționale dintre practic și teoretic. Se fac, însă, uneori alte două distincții, pe care eu nu le accept. Prima susține că statutul epistemologic sau metafizic al activității unui om de știință teoretician este diferit de acela al unui artizan. Deprinderile particulare sînt într-adevăr diferite, dar aceasta este adevărat și despre oamenii de știință care lucrează în discipline diferite. Putem analiza, desigur, diversele activități în termenii unicității, originalității sau însemnătății lor, dar aceste dimensiuni generale nu fac, în mod cert, discriminare între practic și teoretic.

A doua distincție propusă este că pare ridicol să vorbim de o tratare axiomatică a artei culinare, a dansului sau a oricărei alte arte practice, dar că, prin contrast, acest mod de exprimare este rațional cu referire la anumite ramuri ale fizicii sau psihologiei, chiar dacă o asemenea analiză axiomatică nu a fost încă realizată aici. Dar analiza axiomatică a unei arte practice cum este cea culinară, pare realizabilă. Pentru a obține rezultate serioase și sistematice ar fi necesară atingerea unui nivel de abstractizare și generalizare care nu ne e la îndemînă acum. Axiomatizările care ar rezulta s-ar putea să nu fie prea interesante, dar nu văd nici un obstacol de principiu. De fapt, multiplele eforturi de a dezvolta o notație specifică pentru coregrafie constituie începutul unei analize axiomatice. Numeroasele decizii cu privire la ce anume să fie surprins în notație și ce

anume să fie ignorat fixează la un stadiu de început nivelul aproximativ al abstractizării. Această axiomatizare elementară este deja realizată în notația muzicală. O partitură muzicală se află în aproximativ același raport de abstractizare față de execuția muzicală precum una dintre construcțiile lui Euclid față de un desen tehnic.

Ceea ce am dorit să fac să reiasă din această analiză este că modelul procedurilor justificate domină o mare parte din raționamentele noastre practice, iar utilizarea lui adecvată ne permite să spunem cînd anume o persoană acționează rațional. Am încercat, de asemenea, să subliniez că utilizările practice ale modelului variază enorm, dar că, în cele mai multe cazuri, nu este satisfăcut nici un canon deductiv explicit de justificare. Pe de altă parte, negarea dezirabilității unui asemenea canon pare a fi inoportună atunci cînd sînt posibile argumente deductive precise pentru justificare.

Modelul utilității așteptate

Deși ideea maximizării utilității așteptate își are originea cel puțin în secolul al XVIII-lea, principalul stimul pentru cea mai mare parte a cercetărilor actuale l-a constituit axiomatizarea dată în edițiile a doua și a treia ale lucrării clasice a lui von Neumann și Morgenstern *Teoria jocurilor și comportamentul economic* (1947/1953). Acești autori nu au axiomatizat probabilitatea în sens strict, ci numai utilitatea, deoarece ei presupuneau că probabilitățile numerice erau deja accesibile. Ideea de bază a fost următoarea: fie a și b rezultate posibile; ele pot fi, de exemplu, obiecte fizice sau cantități de bani. Formăm apoi un nou obiect $a\alpha b$, care are următorul înțeles: rezultatul a este obținut cu probabilitatea α și rezultatul b cu probabilitatea $1 - \alpha$. Putem concepe obiectele de tipul $a\alpha b$ ca mize [gambles]. Începem cu o mulțime de obiecte și o închidem față de operația de mizare, adică dacă a și b sînt în mulțime atunci

pentru orice probabilitate numerică α $a\alpha b$ este de asemenea în mulțime. Următorul pas constă în a postula o relație de preferință pe astfel de mize. Alte tratări axiomatice, în același sens, dar cu diferite îmbunătățiri, au fost date de Marschak (1950), Herstein și Milnor (1953), Blackwell și Girschick (1954) și Aumann (1962, 1964).

Trebuie subliniat că, din punct de vedere modern, analiza lui von Neumann și Morgenstern nu a fost prima. Într-un anumit sens, o teorie mai satisfăcătoare a fost elaborată deja mai de mult de către Ramsey (1931/1964). Ideea centrală a lui Ramsey era de a compara mizele simple bazate pe o partiție compusă din două evenimente echiprobabile. În termenii lui von Neumann și Morgenstern, acesta înseamnă să se găsească un eveniment A a cărui probabilitate este de 1/2. Atunci, date fiind ipotezele teoriei utilității așteptate, are loc următoarea echivalență:

$$a\frac{1}{2}b \geqslant c\frac{1}{2}d \text{ dacă și numai dacă } u(a) + u(b) \geqslant u(c) + u(d),$$

unde $u(a)$ este utilitatea numerică a rezultatului a etc. Ramsey a schițat această teorie, dezvoltată apoi de diferiți autori, între care Suppes și Winet (1955), Davidson și Suppes (1956), Suppes (1956) și Debreu (1959).

Lucrarea cea mai importantă a fost a lui Savage, *Fundamentele statisticii*, apărută în 1954. Deoarece lucrarea lui Savage a avut o influență atît de mare, va fi util să-i examinăm teoria mai detaliat. Axiomele lui sînt destul de complicate din punct de vedere formal, și de aceea nu le voi enunța explicit aici, ci voi încerca să le descriu conținutul în mod intuitiv. Axiomele se referă la preferința între decizii, iar deciziile sînt aplicații sau funcții de la mulțimea stărilor naturii la mulțimea consecințelor. Aspectul esențial al teoriei lui Savage îl constituie aranjarea în așa fel a axiomelor cu privire la alegere sau la preferințe între decizii,

încît oricine ar satisface axiomele va maximiza utilitatea aşteptată. Aceasta înseamnă că felul în care satisface el axiomele va genera o repartiţie de probabilitate subiectivă cu privire la credinţele sale referitoare la adevărata stare a naturii şi o funcţie de utilitate pe mulţimea consecinţelor, astfel încît aşteptarea unei decizii date este definită, într-o manieră simplă, ţinînd seamă de repartiţia de probabilitate subiectivă pe stările naturii şi de funcţia de utilitate pe mulţimea consecinţelor. Aşa cum era de aşteptat, Savage cere — în prima sa axiomă — ca preferinţa între decizii să fie tranzitivă şi ca, fiind date două decizii oarecare, una dintre ele să fie cel puţin preferată slab celeilalte. Axioma 2 extinde această supoziţie de ordonare pînă la condiţia de a fi satisfăcută una şi aceeaşi proprietate, atunci cînd domeniul de definiţie al deciziilor este restricţionat la o mulţime dată de stări ale naturii; de exemplu, decidentul ar putea să ştie că adevărata stare a naturii face parte dintr-o anume submulţime a mulţimii totale — evenimentele sînt chiar astfel de submulţimi. Axioma 3 cere ca faptul cunoaşterii unui eveniment să nu poată schimba preferinţele între consecinţe, unde preferinţele între consecinţe sînt definite în termeni de preferinţe între decizii. Axioma 4 cere ca, fiind date două evenimente oarecare, unul să fie cel puţin tot atît de probabil ca şi celălalt, aceasta însemnînd că relaţia de probabilitate calitativă dintre evenimente este conexă în sens tare. Axioma 5 exclude cazul trivial în care toate consecinţele sînt echivalente în privinţa utilităţii şi, astfel, orice decizie e echivalentă cu oricare alta. Axioma 6 spune în esenţă că dacă evenimentul A este mai puţin probabil decît evenimentul B (A şi B sînt submulţimi ale aceleiaşi mulţimi de stări posibile ale naturii), atunci există o partiţie a mulţimii stărilor naturii astfel încît reuniunea fiecărui element al partiţiei lui A este mai puţin probabilă decît B. Aşa cum e binecunoscut, această axiomă a lui Savage este strîns legată de axioma lui de Finetti şi Koopman, care cere existenţa unei par-

tiții a stărilor naturii într-un număr arbitrar de mare de evenimente care sînt echivalente în ce privește probabilitatea. În sfîrșit, ultima sa axiomă, axioma 7, este o formulare a principiului lucrului sigur [sure thing]: o decizie va fi preferată slab alteia dacă, indiferent de starea naturii, consecințele primei decizii sînt cel puțin la fel de bune ca și consecințele celei de a doua.

Rezumate bune și elaborări ale lucrării lui Savage se găsesc în Luce și Raiffa (1957) și în mai recentul rezumat detaliat al lui Fishburn (1970). Formularea unei teorii mai generale și o examinare amplă a literaturii anterioare pot fi găsite în Krantz *et al.* (1971).

O variantă interesantă a fost propusă de Jeffrey (1965). Contrar abordării lui Savage care încheia cu o măsură a probabilității pe stările posibile ale naturii și cu o funcție de utilitate pe consecințele posibile, concepînd stările naturii și consecințele ca genuri total diferite de obiecte, Jeffrey insistă ca atît probabilitatea cît și utilitatea să fie asociate la aceleași entități, anume la propoziții. Într-o anumită măsură, punctul de vedere al lui Jeffrey are legătură cu opera mai timpurie a lui de Finetti, la care conceptul de așteptare este central, sau cu opera și mai veche a lui Bayes însuși, care a definit probabilitatea în termeni de așteptare. Totuși, există un număr de trăsături particulare ale teoriei lui Jeffrey care au fost criticate pe larg; vezi de exemplu, Sneed (1966). (Anexa la acest capitol conține o discuție detaliată a relației dintre așteptare și probabilitate ca și a întrebării: care dintre ele este noțiunea primitivă mai adecvată? Istoria este destul de încurcată, deoarece așteptarea este, desigur, centrală în teoria lui Savage. Exact această așteptare, adică așteptarea deciziilor, este descompusă în probabilitate și utilitate, cu funcțiile de probabilitate și de utilitate definite pe obiecte diferite, în timp ce pentru Jeffrey ele sînt definite pe același obiecte.)

Am discutat istoria a ceea ce s-ar putea numi de la Ramsey încoace teoria unitară a probabilității și utilității, dar e important să recunoaștem că mare

parte din cercetările asupra fiecăruia dintre aceste subiecte au fost realizate în mod independent. Astfel, există o istorie independentă a conceptului calitativ de probabilitate ca teorie a credințelor parțiale subiective. După cum am menționat în secțiunea precedentă, analiza acestui concept își are începuturile în secolul al XVIII-lea și a primit cu siguranță un impuls hotărîtor prin opera lui Laplace, care susținea că, în orice sens, probabilitatea este un concept subiectiv menit să aibă a face cu ignoranța noastră în privința adevăratelor cauze. În secolul nostru, cel mai distins și mai constant susținător al unei concepții subiective despre probabilitate este Bruno de Finetti (în mai multe lucrări, dintre care citez numai pe primele — 1931 și 1937), ale cărui puncte de vedere au fost deja discutate în secțiunea finală a capitolului 4. Un alt susținător timpuriu al teoriei probabilității subiective a fost B.O. Koopman (1940a și 1940b).

Literatura asupra acestui subiect continuă să sporească, dar nu voi încerca să-i schițez istoria mai recentă și sînt sigur că nu am reușit să mă ocup în detaliu nici de numeroasele studii excelente scrise din perioada pe care am discutat-o. Scopul meu, aici, a fost de a oferi numai o scurtă schiță istorică a aspectelor sistematice asupra cărora îmi concentrez atenția.

Un concept explicit de utilitate, pe a cărui bază să se construiască o teorie cantitativă a cererii pe piață, a apărut ceva mai tîrziu, în secolul al XIX-lea, în lucrările lui Gossen, Jevons, Walras și alții, dar ei au făcut supoziția prea tare că utilitatea ar fi aditivă, ca înălțimea sau greutatea. Într-un stadiu ulterior, această supoziție a fost slăbită de Edgenworth, Antonelli și I. Fisher, ajungîndu-se la conceptul de suprafață de indiferență a stocurilor de mărfuri. La începutul secolului nostru, Pareto a propus o teorie a cererii în termenii conceptului comportamental de preferință pur ordinală pentru stocurile de mărfuri.

În zilele noastre, utilitatea așteptată depășește ideile lui Pareto în două aspecte esențiale. Mai

întîi, preferințele nu sînt limitate la stocurile de mărfuri, ci la orice cîmp de alegere cu privire la care trebuie să se ia decizii. Și, în al doilea rînd, teoria este construită explicit pentru a trata despre incertitudine. Preferințele ordinale sînt în general suficiente numai în situații de cunoaștere esențialmente completă a stărilor de lucruri relevante posibile.

Intuiția din spatele modelului utilității așteptate este una larg acceptată. Atunci cînd, ca indivizi, sîntem obligați să luăm decizii, în special decizii importante, avem de-a face cu doi factori principali: întîi, credințele noastre despre ce are să se întîmple și, în al doilea rînd, valoarea pe care o atașăm fiecăreia dintre consecințele posibile ale posibilelor noastre decizii. E important să observăm că atît credințele cît și valorile sînt ingrediente esențiale ale modelului utilității așteptate. O persoană care are credințe, dar nu are valori, nu știe să aleagă, iar o persoană cu valori sau atitudini, dar fără credințe, poate ușor să aleagă nesăbuit.

Slăbiciunile modelului utilității așteptate. Voi expune acum cîteva dintre motivele pentru care cred că modelul normativ standard al utilității așteptate nu este satisfăcător. În aplicațiile normative intenția este de a face calculele în mod explicit și cu deliberarea cea mai conștientă posibilă. În multe cazuri, modelul normativ este — cel puțin în opinia mea — un model făcut pentru aplicații realizate de un grup desemnat să ia o decizie importantă și să evalueze, în urma unui efort amplu, atît credințele cît și consecințele relevante pentru acțiunile posibile. Unii, chiar dacă nu mulți, s-au exprimat în trecut ca și cum modelul normativ ar fi fost făcut în ceruri și ar fi putut rezolva dintr-o lovitură toate problemele elaborării unei teorii a raționalității. (Cîteva dintre aspectele menționate aici sînt tratate mai detaliat în Suppes 1981a.)

Există, mi se pare, două limitări serioase care afectează funcționarea perfectă a acestui model normativ. Una este aceea că pînă și în cele mai

bine chibzuite împrejurări noi nu înțelegem realmente cum să facem calculele cerute de model. Un șef de stat, asistat de totalitatea experților tehnici ai unei birocrații moderne, se află încă în fața unei estimări foarte sărace a consecințelor oricăreia dintre mulțimile de decizii economice pe care le poate lua. Este just să se replice că raționalitatea nu presupune ca deciziile să fie cele bune, în sensul de a avea consecințele intenționate, ci, mai degrabă, ca raționalitatea deciziilor să fie garantată printr-un calcul adecvat, în primul rînd al credințelor și apoi al valorilor. Neajunsul e însă că atît teoria cît și practica acestor calcule sînt departe de a fi satisfăcătoare. Nu voi intra în detalii aici, dar dificultatea esențială este aceea a trecerii de la judecăți calitative la rezultate cantitative și cu toate că teoria a fost mult dezvoltată în ultimele cîteva decenii, ea este încă deficitară.

A doua dificultate a modelului normativ, mai profundă decît prima, este aceea că el poate fi satisfăcut de idioți — în sensul cognitiv și moral al termenului. Cu alte cuvinte, consistența calculelor cerute de modelul utilității așteptate nu garantează folosirea judecății și înțelepciunii în sensul tradițional. Concepția aristotelică după care omul rațional acționează în concordanță cu bunele temeiuri nu este o parte indispensabilă a modelului normativ al utilității așteptate, și nu este sigur că aceste două concepte pot fi întotdeauna asociate într-o formă satisfăcătoare. În discuția anterioară despre aplicarea procedurilor am încercat să schițez o viziune practică a interacțiunii lor.

Iluzia intenției. În capitolul 2 am încercat să pledez în favoarea existenței legilor probabiliste obiective în natură sau, altfel spus, în favoarea caracterului ontologic al aleatoriului. Unii filosofi, care sînt gata să accepte aleatoriul în unele părți ale lumii fizice, în special în fenomenele atomice și subatomice, vor să susțină o teorie deterministă a acțiunii și intenției umane. În această

concepție filosofică despre rațională acțiunile sînt considerate a executa intenții conștiente și, prin urmare, omul rațional este acela ale cărui intenții sînt nu atît onorabile cît sistematice și conștiente.

Îmi propun să critic această concepție și să sugerez o alternativă. Există două aspecte distincte la care ader cu privire la intenții. Primul privește statutul intențiilor simple, în expresia lor obișnuită; de exemplu, eu pot spune: "Mă duc în oraș să cumpăr o cămașă". În acest caz, părerea mea este că intențiile și acțiunile corelate lor nu pot fi încorsetate într-un tipar determinist și că ele reprezintă valori medii brute ale traiectoriilor posibile ale unui eșantion stocastic. Să explic ce înțeleg prin aceasta. Atunci cînd îmi anunț intenția de a mă duce în oraș pentru a-mi cumpăra o cămașă, eu nu precizez cum am de gînd să fac acest lucru. În termeni probabiliști, există un număr infinit de traiectorii posibile diferite pe care le pot urma, și nici afirmația mea, nici scrutările conștiente ale intenției mele nu oferă prea multe chei pentru a ști pe care o voi urma efectiv atunci cînd voi merge de acasă la magazin. Intențiile și acțiunile plutesc pe o mare de evenimente aleatoare. (Un lucru similar a fost susținut, mai înainte, în legătură cu procedurile.) Această idee nu urmărește eliminarea intențiilor ca utile din punct de vedere practic, ci numai localizarea lor la un nivel mai înalt de abstractizare.

Aspectul cel mai profund al concepției mele alternative îl constituie contestarea locului central atribuit intențiilor în teoria acțiunii susținută de mai mulți filosofi. A acționa este în multe privințe la fel cu a vorbi. În cea mai mare parte a timpului noi nu ne formăm în mod conștient și premeditat expresiile propoziționale pe care le rostim. Ele se rostogolesc în configurații și dimensiuni neregulate. La fel ca și cei ce ne ascultă, nu știm, de obicei, ceea ce tocmai vom spune pînă ce nu am auzit acel ceva spus. Tot așa se întîmplă cu acțiunile și deciziile. Sîntem dirijați de trecutul nostru și de hormonii noștri într-un mod pe care nu avem

nici o speranță să-l înțelegem conștient. Recunoașterea acestui fapt face parte dintr-o teorie realistă a raționalității. Intențiile conștiente pot să constituie constrîngeri asupra a ceea ce facem, dar e greșit să credem că acest cazan clocotitor al impulsurilor noastre inconștiente ar putea fi temperat prin introspecție rațională. La nivelurile cele mai adînci, noi facem ceea ce facem ca expresie a unor impulsuri care sînt în parte aleatoare și pe care nu le putem înțelege niciodată deplin într-o manieră conștientă.

În aceste privințe Freud este un ghid mai bun decît Aristotel, dar chiar și concepția lui Freud cu privire la inconștient este prea intelectualistă. Apoi, Freud a fost prea impresionat de teoriile deterministe ale fizicii din secolul al XIX-lea și a gîndit un determinism similar pentru evenimentele mentale. Nu avem pentru aceste evenimente date experimentele comparabile cu acelea pe care le avem pentru dezintegrarea radioactivă sau vreo teorie fundamentală măcar vag asemănătoare cu mecanica cuantică. Dar o teorie psihologică adecvată a motivației va avea, sînt sigur, o componentă aleatoare corespunzătoare, care nu va fi subordonată unei analize de tip aristotelic a cauzării incidentale.

Mă îndoiesc că multe dintre concepțiile filosofice comune cu privire la intenție sînt corecte. Altfel spus, susțin teza tare a incompletitudinii în legătură cu intențiile conștiente. Ele au un rol de jucat, rol care e departe de a fi neglijabil, dar nu posedă acea capacitate absolută ce li se atribuie adesea de a determina felul în care indivizii se comportă în fapt. Să considerăm cazul clasic al unui tînăr care îi pune profesoarei lui pline de farmec un număr nesfîrșit de întrebări — fenomen obișnuit cînd tînărul are cam 12 ani, iar profesoara în jur de 20 sau 30. În orice situație dată, dacă tînărului i se cere să-și expliciteze intenția îi va fi ușor să spună: „Da, vreau să știu mai mult despre această problemă“ sau „Vreau să știu mai mult despre această lecție“. Dar sensul mai larg al intenției, anume faptul că el e nerăbdător să-i

vorbească profesoarei și să fie aproape de ea în sens fizic, este ceva de care el nici măcar nu e conștient în acest stadiu, dar pe care anumiți observatori externi, poate profesoara însăși, l-ar putea deduce ușor. Interpretarea mea teoretică ar fi că impulsuri aleatoare de toate felurile ating un nivel-prag de la o ocazie la alta și îl dirijează pe tînăr să găsească un pretext convenabil de a se ține după profesoară și a-i vorbi. La un nivel conceptual mai profund, tocmai aceste impulsuri aleatoare îi generează acțiunile, iar nu vreun proces de deliberare conștientă.

Asemenea situații au fost descrise în repetate rînduri, adesea cu lux de amănunte, de o sumedenie de dramaturgi și romancieri. Ceea ce nu am făcut însă este să absorbim conceptul de impuls aleator în cadrul analizei noastre a intențiilor. Voi încheia, dezvoltînd numai un exemplu final. Luînd în considerare comportamentul tînărului nostru, în ce direcție trebuie să privim pentru a demonstra caracterul aleator al imboldurilor din spatele acțiunilor lui? Mi se pare că a venit timpul și împrejurarea potrivită pentru a vedea adevărata direcție. Cel ce va încerca să construiască o teorie deterministă care să explice cînd își va urmări elevul profesoara (sau cînd un alt tînăr, în împrejurări diferite, va telefona iubitei lui sau va primi un telefon de la ea) acela este un om care lucrează în van. Aceste evenimente sînt dincolo de orice analiză deterministă previzibilă și, după opinia mea, vor conține, în principiu pentru totdeauna, o semnificativă componentă aleatoare. Cea mai bună teorie psihologică a impulsurilor se va asemăna, cu siguranță, cu teoria probabilistă a particulelor și undelor.

Același scepticism se aplică și dorințelor și credințelor, concepte centrale în teoria utilității așteptate, în măsura în care se susține că ele sînt conștiente. Se afirmă adesea că gîndirea e explicitată numai prin vorbire. Într-o manieră similară, intențiile, dorințele și credințele sînt adesea cristalizate și aduse în focarul conștiinței numai după ce

acțiunea a fost efectuată. Mai mult, există bune temeiuri pentru a argumenta că multe dintre dorințele noastre cele mai adînci nu devin niciodată conștiente, nici chiar atunci cînd există dovezi externe convingătoare că ele joacă un rol important în decizii semnificative cum sînt alegerea soției sau selectarea prietenilor.

Aleatorul intențional. Există și o altă fațetă a intenției și aleatorului care nu poate fi inclusă cu ușurință în modelul utilității așteptate. E vorba anume de utilizarea intențională a procedurilor randomizate. Cele două locuri în care o astfel de teorie este cel mai bine dezvoltată sînt teoria jocurilor și teoria eșantionării. În multe jocuri cu informație incompletă, i.e. în care un jucător trebuie să facă o mișcare fără a cunoaște complet mișcările celorlalți jucători, se poate arăta că o strategie optimală e o strategie aleatoare. Un atare rezultat decurge din faimoasa teoremă minimax a lui von Neumann (vezi von Neumann și Morgenstern, 1947/1953). Pentru a susține aspectul conceptual central nu e nevoie să luăm în considerare aici formularea explicită a teoremei sau considerațiile specifice cu privire la metodele de calculare a unei strategii aleatoare optime. Într-un mediu competitiv, în cadrul căruia noi ne aflăm în competiție cu un alt agent inteligent, putem să ne asigurăm de rezultatul cel mai bun posibil în sensul *minimizării* pierderii noastre așteptate maxime randomizînd și, astfel, făcînd impredictibil comportamentul nostru la nivelul alegerii explicite.

Este dificil pentru bayesieni să accepte asemenea rezultate. Pentru un bayesan pur există în orice situație o strategie deterministă optimală care va maximiza utilitatea așteptată sau va minimiza pierderea așteptată. Slăbiciunea poziției bayesiene rezidă în aceea că repartiția de probabilitate ce exprimă credințele cu privire la alegerea așteptată a mișcărilor unui oponent reprezintă adesea o idee foarte firavă despre ce anume e gata să facă oponentul. În astfel de

situații, prudența ar trebui, pe bună dreptate, să se impună puritații, fiind indicat să se adopte o strategie minimax aleatoare.

Argumente similare, adaptate convenabil, se aplică și la utilizarea randomizării în procedurile de eșantionare. Repet, bayesianul pur nu poate găsi nici un temei constrîngător pentru a randomiza atunci cînd eșantionează, nici în cazul unui experiment științific, nici al unei anchete sociale sau al oricărui alt tip de studiu proiectat sistematic pentru a culege fapte relevante. Randomizarea în experimentarea științifică nu este o idee veche. Exemple serioase sau discuții conceptuale explicite cu privire la randomizare, se întîlnesc abia în secolul nostru, dar după impresionanta pledoarie a lui Fisher, de la începutul anilor '20, randomizarea a devenit o procedură standard într-o largă varietate de discipline științifice. Cred că există trei argumente principale distincte în favoarea randomizării care contează împotriva concepției bayesiene pure (o prezentare extinsă a acestor trei argumente poate fi găsită în Suppes, 1983).

Mai întîi, argumentul clasic al lui Fisher (1935/1949) că randomizarea este modul cel mai eficace de a elimina părtinirea, conștientă sau nu. Experimentatorul din domeniul medicinii care selectează pacienți cărora urmează să le aplice un nou tratament pentru o anumită boală, separîndu-i de aceia care vor primi tratamentul standard sau nici un tratament, poate să aleagă în mod inconștient pentru noul tratament pacienți care sînt mai sănătoși și deci au o șansă mai mare de însănătoșire. Randomizarea previne intervenția unei astfel de părtiniri.

Un al doilea argument este acela că randomizarea oferă în contextele neteoretice un model probabilist în termenii căruia pot fi efectuate calcule și în absența căruia aceste calcule ar fi imposibile. Exemplul cel mai familiar este utilizarea randomizării pentru a obține un model statistic adecvat pentru testele statistice de semnificație. De exemplu, există o diferență semnificativă între grupul

aflat sub tratament și grupul de control în tipul de experiment medical menționat mai sus? Dacă nu există nici un model probabilist intrinsec al fenomenului, cum de obicei nu există în astfel de studii medicale, atunci justificarea explicită a testelor de semnificație depinde de crearea unui model probabilist prin randomizare. Tentativele bayesiene de a evita acest aspect nu au succes în opinia mea. Admit, totuși, că problema este controversată, făcînd obiectul multor discuții în literatură.

Cel de-al treilea argument este că randomizarea facilitează identificarea adecvată a cauzelor. Experimente bine proiectate, cu o randomizare adecvată, trebuie să ducă la identificarea cauzelor *prima facie* sau a celor veritabile. S-ar putea ca un experiment să nu ducă la acest rezultat atunci cînd avem un eșantion de dimensiuni mici, dar pe măsură ce dimensiunile eșantionului cresc garanția identificării devine tot mai sigură. Proiectările sistematice ale experimentelor nu pot, în genere, să garanteze asemenea rezultate. Pe de altă parte, este important de reținut că un bun aranjament experimental randomizat nu ne duce prin el însuși de la cauzele *prima facie* la cele veritabile. Aceasta depinde, în plus, de generarea unor ipoteze care depind, la rîndu-le, de structura ipotetică a fenomenelor studiate, de analogia cu fenomene similare și de alți factori pe care îi înțelegem numai vag.

Într-un cuvînt, randomizarea intențională nu este un panaceu, dar este — din motivele arătate — o metodologie importantă.

Iluzia atenției. Bayesienii subliniază importanța înțelegerii procesului de schimbare a credințelor în concordanță cu informația nou primită. O problemă de aceeași importanță, dar care nu a beneficiat de o examinare minuțioasă comparabilă, este aceea a procesului selecției informației și a procesului, strîns corelat, al atenției. Cum gîndim, din punct de vedere rațional, selecția, în fiecare ocazie dată, a feliilor de experiență de care ne

ocupăm? Există, desigur, exemple evidente și extreme. Un om rațional care conduce mașina cu mare viteză pe autostradă nu se ocupă de șiretul nelegat de la pantof mai mult de o secundă sau două. Orice gen de situație care cere activități perceptive și motoare strîns cuplate determină fixarea aproape automată a focarului principal al atenției. Dar astfel de cazuri sînt limitate. ● teorie generală rațională a atenției nu pare a fi disponibilă și, de asemenea, ea nu a fost larg recunoscută ca element ce lipsește dintr-o teorie a raționalității elaborată în toate detaliile.

Un sprijin suplimentar în favoarea nevoii de a avea o teorie rațională a atenției este furnizat și de faptul că o diversitate de studii psihologice au stabilit severele limitări ale cantității de informație pe care oamenii le pot prelucra într-un moment dat. Putem formula problema astfel: în orice moment dat, numai o parte din informația disponibilă este percepută, și încă mai puțin din ea face obiectul răspunsurilor sau al reamintirii.

În cadrul teoriei statistice propriu-zise a deciziei au fost realizate studii cu privire la luarea optimă a deciziilor în condiții de memorie limitată (e. g. Cover, 1969), dar problemele atenției generează alte chestiuni, întrucîtva mai subtile. Nu am văzut nici o analiză normativă explicită, în special a ceea ce am putea numi mecanisme de selecție „on-line", adică mecanisme care operează în timp real, în situații care cer o prelucrare rapidă a informației și o evaluare rapidă în vederea deciziei. Există o substanțială literatură psihologică cu privire la compromisul dintre viteză și precizie în executarea a numeroase sarcini. Ceea ce trebuie reținut de aici este sublinierea a cît de mult depinde concepția noastră cu privire la comportamentul optimal de subtile constrîngeri empirice. De exemplu, concepția noastră despre cel mai bun mod de a dactilografia pagini de text cu o anume viteză și rată a erorii depinde aproape în întregime de caracteristicile empirice ale execuției. Aspectele

raționale ale acestor chestiuni sînt inundate de fapte subtile și atotprezente. Ne rătăcim cu ușurință încercînd să justificăm scopurile normative specifice ale comportamentului.

Nu e posibil să dezvolt în acest loc nici măcar schița unei teorii raționale a atenției, dar mi-ar plăcea să lărgesc o chestiune filosofică generală pe care am abordat-o anterior (Suppes 1966a). Cu cît teoria bayesiană a raționalității devine mai realistă și mai detaliată, va fi clar că ea trebuie să devină tot mai psihologică. Orice concept de raționalitate aplicat comportamentului omului și care poate prezenta un interes de durată trebuie să fie pus în acord cu o evaluare psihologică detaliată a puterilor și limitelor aparatului nostru perceptiv și mental. Problemele de atenție și selecție nu există pentru un dumnezeu omniscient sau chiar pentru un calculator ale cărui date de intrare sînt deja schematizate într-un mod foarte precis. Sînt sigur că insuficiența preocupărilor față de aceste probleme ale atenției și selecției constituie izvorul criticilor cu privire la faptul că teoriile deciziei sînt aplicate într-o manieră prea mecanicistă și prea algoritmică.

Chestiuni de context și aproximare. Aproape oricine reflectează la problemele măsurării credințelor în tradiția probabilității subiective resimte o anumită stînjeneală cînd se cere o prelucrare cît mai rafinată a măsurătorii. În fapt, există ceva paradoxal în pretenția obținerii unei repartiții exacte de probabilități a credințelor noastre. Dacă vom compara această situație cu cazul măsurării fizice, putem vedea cît de absurdă e goana după rezultate exacte. Vom considera de neconceput cerința impusă unei teorii fizice de a se baza pe măsurări exacte ale masei sau poziției. În toate cazurile cînd avem cantități continue așteptăm o precizare în legătură cu natura erorilor de măsurare și, în practica standard, o estimare a erorii. Înțelegerea clară a faptului că erorile pot fi estimate este una dintre principalele con-

tribuții ale teoriei probabilităților la metodologia generală a științei. Fără o asemenea teorie explicită a erorii, o mare parte din știința cea mai exactă și sofisticată din ultima parte a secolului al XIX-lea și din secolul nostru ar fi fost dificil, dacă nu chiar imposibil, de conceput în termenii unei confruntări serioase între teorie și fapte.

Pe de altă parte, dacă ni se cere să spunem care sînt credințele noastre cu privire la probabilitatea de a ploua mîine, la rata inflației sau la creșterea PNB, ne va veni greu să concepem de la cap la coadă modul în care am putea atribui erori de măsurare definite procesului de determinare a acestor credințe. De fapt, după cîte știu, nu există nici un fel de literatură serioasă pe tema dezvoltării a ceva de genul unei analogii directe cu teoria erorilor de măsurare din științele experimentale. Totuși, pare promițătoare o altă abordare, care a fost discutată mult mai puțin decît s-ar putea crede. E vorba de abordarea care nu atribuie apariției unui eveniment probabilități exacte, ci probabilități mai înalte sau mai scăzute. Ideea generală a acestei abordări a fost formulată foarte timpuriu de către Bayes (1764), dar teoria din secolul nostru despre probabilitățile mai înalte sau mai scăzute ca estimări mai exacte sau mai puțin exacte ale probabilității de apariție a evenimentelor este de dată foarte recentă. Permiteți-mi să descriu propria mea abordare (Suppes 1974a). Ideea e cît se poate de simplă și nu voi intra în nici un fel de detalii tehnice. Avem la dispoziție evenimente standard, cum sînt greutățile și unitățile de măsură standard, și aproximăm probabilitatea oricărui eveniment complex utilizînd evenimente standard. Un exemplu simplu: aș putea spune că, după părerea mea, apariția ploii mîine e mai puțin probabilă decît obținerea pajurii la o aruncare a unei monede corecte și mai probabilă decît obținerea pajurii la două aruncări ale monedei. Teoria este construită în așa fel încît o mulțime finită mică de numere

raționale este tot ceea ce se cere pentru a aproxima probabilitățile credințelor noastre. S-ar putea spune că acum problema măsurării exacte a probabilității a fost înlocuită cu măsurarea exactă a unor probabilități mai înalte sau mai scăzute, dar este clar că aici a avut loc un proces de reducere radicală a complexității, deoarece acum este nevoie doar de un număr mic de evenimente standard, măsurate în termenii unui număr mic de numere raționale. E adevărat că aceste numere raționale sînt date exact, dar toate estimările măsurărilor cu privire la credințele noastre sînt exprimate în termenii acestei mulțimi selectate, fixate și în mod uzual destul de mici, de numere raționale. Așa cum am spus deja, este clar că e prezentă aici o strînsă analogie cu situația existentă în utilizarea unei balanțe cu brațe egale la măsurarea masei sau cu utilizarea unei bare la măsurarea distanței. Pentru anumite scale de măsurare se așteaptă unicitatea pentru evenimentele standard și, în cazul balanței cu brațe egale, pentru greutățile standard. Dar în afara mulțimii selectate finite fixe de greutăți standard precizia nu e de așteptat și nu poate fi obținută fără a schimba cadrul de referință și a introduce o rafinare ce constă în a avea mai multe evenimente standard sau greutăți standard, după caz. Nu cred că tipul de teorie pe care l-am descris rezolvă toate problemele legate de aproximare și eroare în procesul de măsurare a probabilităților pe care le atribuim credințelor noastre, dar el are virtutea de a arăta cum poate fi dezvoltată o teorie simplă, foarte apropiată de genul de teorie simplă utilizată efectiv în fizică la măsurarea unor cantități fundamentale ca masa și lungimea. Sînt foarte convins că acordarea unei atenții mai susținute și mai sensibilă la detalii unor asemenea probleme de aproximare este un lucru esențial în asigurarea dezvoltării unor teorii cantitative realmente utilizabile ale comportamentului rațional.

Date fiind aceste limite ale oricărui model standard al raționalității, vreau să-mi îndrept atenția spre locul esențial pe care-l ocupă judecata [judgment] intuitivă. Am de spus patru lucruri în această privință. Primul se referă la experimentare și la analiza datelor. Anumite studii cu privire la experiment pot sugera părerea că omul de știință poate conecta pe o cale rațională și simplă datele cu teoria aflată în forma definitivă pe care ne-o înfățișează de obicei literatura științifică. După propria-mi experiență, nimic nu e mai departe de adevăr. În organizarea experimentelor și în analiza rezultatelor trebuie luate nenumărate decizii neformale, de tip practic și intuitiv. Nu există nici o dovadă serioasă că această mulțime de decizii poate fi redusă la o teorie explicită a raționalității. Multe decizii practice și conceptual neexplicite trebuie luate în fiecare domeniu de experimentare sau chiar de cercetare empirică, mergînd de la fizica energiilor înalte pînă la psihologia judecăților unui auditoriu.

Al doilea aspect este că e relativ simplu să concepem aplicarea unui criteriu de raționalitate la decizii formulate într-un cadru teoretic. Aceasta reflectă un fapt general de viață din domeniul științei, subliniat de altfel în capitolul 6. În orice ramură a științei, limbajul teoretic este relativ simplu și ușor de învățat comparativ cu complicatul, tainicul și ezotericul limbaj utilizat pentru a exprima știința procedurilor experimentale, de la calibrarea instrumentelor pînă la culegerea datelor. Nu voi încerca să justific aici această teză. De fapt, o consider evidentă pentru oricine e obișnuit cu practica științifică actuală din orice ramură dezvoltată a cercetării. Deciziile luate în cadrele acestui limbaj și mod de gîndire extrem de empirice par, în mod curent, prea puternic dependente de context pentru a putea fi evaluate în termenii unui criteriu general de raționalitate.

Al treilea aspect e că iluzia unei formalizări explicite, cu eliminarea oricărei nevoi de judecată intuitivă, este recunoscută ca o idee depășită chiar și în matematică. Programul formalist al lui Hilbert a fost răsturnat cu ani în urmă de teoremele de incompletitudine ale lui Gödel, iar prăpastia dintre teoriile formale ale demonstrației, de exemplu, și practica matematică efectivă ce presupune tot felul de judecăți este acum larg recunoscută — punct discutat în detaliu în capitolul 4. Subliniez locul esențial al judecății în știință și în matematică deoarece acestea sînt domeniile gîndirii și experienței care par cel mai ușor de înregimentat în cadrul unor modele simple de raționalitate.

Locul esențial al judecății în luarea deciziilor a fost recunoscut de la o vreme de diferiți autori, inclusiv de Finetti. Dar a existat o contratendință, generată de hățișul rezultatelor tehnice din domeniul statisticii matematice moderne, cu privire la problema luării deciziilor care înclina să sugereze că judecata poate fi eliminată în favoarea aplicării unor rezultate tehnice într-o manieră rutinieră, obiectivă și, poate, chiar algoritmică. A existat, de asemenea, o tendință dăunătoare de lungă durată în filosofia clasică, atît veche cît și modernă, care a consolidat concepția de mai sus; poate că exemplul cel mai bun ni-l furnizează tentativa nesăbuită de a construi cunoașterea noastră cu privire la lume plecînd de la date senzoriale sigure. Ceea ce am spus despre rolul esențial al judecății intuitive în evaluarea faptelor relevante [evidence] în cadrul experimentelor științifice se extinde firesc și la regiunile mai puțin înregimentate ale prelucrării informației. A crede că faptele sînt puse în evidență într-un mod clar și obiectiv fără aportul unor neîntrerupte decizii intuitive cu privire la relevanță, la oportunitate, la semnificație etc. înseamnă a ne înșela în mod fundamental cu privire la interacțiunea noastră empirică cu lumea înconjurătoare. Chiar această componentă ireductibilă care este judecata intuitivă, impo-

sibil de formulat într-o mulțime de reguli — și cu atît mai puțin de redus la algoritmi — constituie, poate, argumentul cel mai puternic pentru limitarea severă a forței modelelor de raționalitate explicite.

Dacă concluziile pe care le susțin cu privire la natura ireductibilă și esențială a judecăților intuitive sînt corecte, atunci ele constituie un argument puternic, fundamental, împotriva supraextinderii domeniului birocrației, care tinde întotdeauna și oriunde, chiar dacă nu reușește, la codificarea unor reguli explicite și la implementarea unor proceduri algoritmice.

Teoria pozitivă a judecății. Am evidențiat importanța rolului judecății intuitive în orice teorie realistă a deciziei și am subliniat limitele oricărui model computațional de raționalitate. Lucrul despre care nu am spus prea multe este teoria pozitivă a judecății intuitive, și acesta este cel de-al patrulea aspect. Din unele remarci anterioare, s-ar putea crede, că, după mine, judecata intuitivă nu poate constitui obiect de cercetare detaliată ori de analiză explicită.

Deoarece nu aceasta e opinia mea, aș vrea să dezvolt cel puțin contururile unei teorii pozitive. Esența acestei teorii e ușor de enunțat. Judecata intuitivă este o deprindere, la fel ca jogging-ul, jocul de tenis sau găsirea demonstrațiilor matematice. Exemple încă mai simple și mai universale de acest tip sînt mersul și vorbirea. Într-adevăr, e ușor de susținut că anumite deprinderi sînt mai esențiale și mai specifice pentru activitatea umană decît orice corp de cunoștințe explicite. Este un fapt obișnuit că învățăm să umblăm și să vorbim fără prea mult antrenament explicit, deși în cazul unor deprinderi mai specializate atingerea unei performanțe calificate e în foarte mare măsură o chestiune de practică și antrenament. Cele mai familiare exemple le oferă domeniul în care regimul de practică și antrenament este, în multe privințe, cel mai amănunțit elaborat și cel mai cu grijă

dezvoltat: e vorba de domeniul deprinderilor fizice. Pentru a deveni un alergător de maraton sau un jucător de tenis de clasă este nevoie de o continuă practică și, în majoritatea cazurilor, de o învățare explicită sub îndrumarea unui antrenor experimentat. Dintr-o multitudine de motive, noi sîntem mai romantici și mai nesistematici decît sportivii în ce privește însușirea deprinderilor mentale.

Totuși, în bună măsură sfera asemănărilor pare să fie mult mai mare decît aceea a deosebirilor. Un punct de vedere și mai important este acela care ignoră diviziunea ce se face între deprinderile mentale și cele fizice. E vorba de faptul dacă există sau nu un criteriu obiectiv de performanță, simplu și larg acceptat. Cînd antrenăm un alergător de maraton sau un alergător la cursa de 1 000 de metri putem avea, prin măsurarea zilnică a timpului de alergare, un excelent criteriu, simplu și obiectiv, de performanță și totodată de îmbunătățire a performanței. În cazul jocurilor competitive criteriul este mai complicat dar, pînă la urmă, destul de simplu, grație abilității noastre de a reprezenta sub formă de tabele cine a cîștigat și cine a pierdut. Același lucru poate fi spus despre deprinderile mentale care implică sarcini obiective, cum ar fi calculul aritmetic. În cazul deprinderilor fizice însă, ca de exemplu ascensiunile montane, sau al deprinderilor mentale, ca aprecierea însușirilor obiectelor complexe, cum sînt picturile, caii sau oamenii frumoși, lipsesc criterii de performanță larg acceptate, simple și ușor aplicabile. Cu toate acestea, absența unei asemenea simplități nu interzice antrenamentul și învățarea de mare succes; această observație generală se aplică fie că vorbim despre deprinderi fizice, ca ascensiunea montană, fie despre deprinderi mentale, ca aprecierea operelor de artă dintr-o categorie dată.

Subliniez, de asemenea, optimismul meu în privința dezvoltării unei psihologii adecvate a acestor deprinderi, în particular a unei psihologii pedagogice pentru formarea acestor deprinderi.

Rezerva importantă pe care o fac la acest optimism este că învățarea nu va fi explicită din punct de vedere verbal; ea nu va fi algoritmică, în sensul de a-i oferi studentului o procedură fixă pentru a atinge rezultatul intenționat. Ea va depinde, mai degrabă, de metodele subtile, complicate și indirecte deja familiare în antrenarea multor deprinderi de natură fizică sau mentală. Lunga tradiție a uceniciei în pregătirea meșteșugarilor este unul dintre cele mai bune exemple. De notat că această tradiție a înflorit în laboratoarele științifice moderne.

Din cauza unei orientări, predominantă în trecut, care trata judecata intuitivă într-un spirit excesiv raționalist și lingvistic, noi nu am dezvoltat în mod adecvat toate tipurile posibile de regim de învățare eficace. Primul pas constă în înțelegerea naturii judecății intuitive — faptul că ea e o deprindere mai asemănătoare cu alergarea decît cu organizarea vreunui corp de cunoștințe —, iar al doilea în a sesiza că, odată ce am dobîndit o bază conceptuală pentru înțelegerea judecății intuitive, vom avea posibilitatea de a dezvolta regimuri de instruire adecvate.

Modele lineare pentru agregarea judecăților. Un alt aspect al teoriei pozitive este posibilitatea de a trece de la judecățile pur intuitive la utilizarea unor modele structurale care furnizează metode pentru agregarea judecăților intuitive. Există în psihologie o literatură importantă din punct de vedere conceptual care se referă la comparația dintre judecățile intuitive de natură clinică și modelele statistice. Lucrarea clasică în această privință e *Predicție clinică și predicție statistică; o analiză teoretică și o trecere în revistă a literaturii*, de Paul Meehl, publicată în 1954. Meehl analizează un număr de studii, arătînd că predicția unui criteriu numeric ce prezintă interes psihologic este aproape întotdeauna făcută mai bine printr-un model de regresie lineară adecvat, ce utilizează variabile predictive nume-

rice, decît prin intermediul judecății intuitive a unor indivizi ce se presupune că au calificarea necesară pentru a face o asemenea predicție. Cîteva studii bune, de dată recentă, sînt rezumate în Dawes (1971 și 1979).

Ce-i de făcut cu aceste rezultate, dintr-un punct de vedere conceptual larg, și care sînt implicațiile lor în luarea deciziilor? Poate cea mai importantă concluzie este că experții umani sînt comparativ slabi în ce privește integrarea diverselor date, în special a datelor cantitative multidimensionale, dar mult mai buni în ce privește înțelegerea faptului care anume variabile sînt susceptibile de a fi predictori utili și cum se va corela sensul variației lor cu sensul variației variabilei dependente-țintă. Importanța unui acord, în esență universal, cu privire la modul în care ar trebui corelate semnele variației variabilelor e ușor de subestimat. Un vast stoc de cunoștințe calitative este prezent în acest gen de acorduri; ar fi dificil de înlocuit judecățile intuitive cu modele statistice de tip *bootstrapping* care nu utilizează variabile preselectate. (Aplicații ale acestor idei la probleme de alocare rațională a resurselor por fi găsite în Suppes 1982.)

Nu am încercat să prezint prea multe detalii specifice despre aceste modele lineare, dar cred că ele reprezintă o abordare robustă a problemei clarificării căilor pe care sînt obținute judecățile intuitive și a modului în care ele sînt analizate. O excelentă culegere de articole cu accent pe judecată ca și pe euristica utilizată, incluzînd studiul lui Dawes din 1979 despre modelele lineare, este aceea a lui Kahnemann, Slovic și Tversky (1982). Acest volum este plin de sugestii în legătură cu ideile teoretice noi ce ar putea îngloba modelul utilității așteptate, oferind o înțelegere mai adîncă atît a comportamentului real cît și a celui normativ; dar o teorie formală matură este, deocamdată, departe de a fi dezvoltată.

Din cele de mai sus nu trebuie trasă concluzia că locul ocupat de judecată este singurul loc de onoare. Calculele, prelucrările numerice și estimările din cadrul modelului bayesian sau al modelului utilității așteptate au un rol important. Obiectivul meu central a fost tocmai de a evidenția limitele acestor modele, dar nu vreau nicidecum să susțin irelevanța lor pentru procesele practice de luare a deciziilor sau de organizare a cercetării științifice. Cînd sînt utilizate ținîndu-se seama de limitele lor, aceste modele pot juca un rol important în multe domenii ale experienței. Un element de realism în aplicarea modelului utilității așteptate — element asupra căruia aș dori să mă concentrez — privește implicațiile unei teze anterioare conform căreia măsurările probabilității subiective și ale utilității nu pot fi decît aproximative. În domeniile cantitative ale științei, în special în fizică, e o experiență familiară să ai de-a face cu implicații ale erorilor de măsurare. Teoria acestor chestiuni a fost o temă importantă începînd cu ultima parte a secolului al XVIII-lea. Cu unele excepții, o concentrare similară pe problemele erorii sau aproximării nu a caracterizat procesul de elaborare tehnică a modelelor comportamentului rațional, dar pe măsură ce aplicațiile acestora devin mai răspîndite și mai familiare, asemenea probleme de măsurare vor sfîrși prin a se bucura de atenție. Ca și în cazul mai vechi al mecanicii cerești, ele vor conferi un aspect nemijlocit de complexitate calculelor care, privite la nivel pur teoretic, sînt relativ simple. Dar această complexitate va avea un efect benefic. Așa cum s-a discutat deja, o slăbiciune standard a modelului utilității așteptate (sau bayesian) este concepția că noua informație e prelucrată prin simpla formare a unei noi distribuții de probabilitate, condiționată de noua evidență empirică. Dar cînd ne confruntăm cu probleme de aproximare, e ușor de văzut că

aceasta nu este pur și simplu o chestiune de condiționare de către noua evidență empirică, ci, totodată, o chestiune de recalibrare și remăsurare a repartiției de probabilitate, ca și a evaluării cantitative a valorilor. O asemenea recalibrare e un element familiar al procedurilor standard din științele fizice. Mai mult, contrar credințelor din vremea lui Laplace, cînd probabilitatea era văzută ca o chestiune pur subiectivă, este rațional să susținem, așa cum am argumentat deja, că nu există nici măcar o valoare teoretică exactă aptă de a fi măsurată și, prin urmare, nici din punct de vedere teoretic nu există vreo speranță în posibilitatea de a rafina aproximările pînă la nivelul unei valori exacte — fapt care a constituit unul din idealurile greșite ale fizicii clasice.

Funcțiile de utilitate sau de pierdere ale statisticienilor, care sînt nucleul modelului utilității așteptate, sînt proiectate pentru nevoile fabricii și ale pieței. Sporirea cererii de realism psihologic și de subtilitate filosofică va face necesare noi rafinări conceptuale. Dar, inspirîndu-ne din tradiția aristotelică, am putea urma, în splendoarea ei nedogmatică, adevărata cale de aur a calculului și judecății. Ceea ce-i învățăm pe studenții noștri sau pe noi înșine cu privire la practica decizională nu poate fi redus cu totul la algoritmi sau la axiome explicite, deși, pe de altă parte, putem să-l perfecționăm pe Aristotel tocmai pentru că sîntem capabili să aplicăm axiome și proceduri adecvate. Utilizarea metodelor cantitative moderne de decizie este necesarmente limitată, dar eficace atunci cînd e aplicată adecvat. Rolul judecății și al înțelepciunii practice în implementarea acestor metode va continua să aibă o importanță centrală. Tensiunea dintre calcul, proceduri justificate calitativ și judecată nu va dispărea. După cum nu va dispărea nici analiza ei filosofică.

ANEXĂ
CU PRIVIRE LA PROBABILITATE ŞI AŞTEPTARE

Scopul acestei anexe este de a dezvolta cîteva elemente ale fundamentelor calitative ale probabilităţii şi aşteptării. În tratarea standard a acestor probleme aşteptarea este introdusă după probabilitate. Se începe cu axiomele standard ale lui Kolmogorov pentru spaţiile de probabilitate şi apoi se definesc variabilele aleatoare ca funcţii măsurabile pe spaţiul de probabilitate cu valori în mulţimea numerelor reale. Aşteptarea e, atunci, aşteptarea unei variabile aleatoare. Poate că noutatea cea mai importantă pe care o voi expune aici este aceea că eu consider că în această istorie, devenită familiară, carul este pus înaintea boilor. Noţiunea cu care e potrivit să se înceapă este aşteptarea, din raţiuni ce vor deveni clare, şi în termenii acesteia să se definească apoi probabilitatea. E bine de notat că şi această concepţie a beneficiat în trecut de sprijin. Acest sprijin poate fi găsit atît în scrierile timpurii ale lui Huygens cît şi ale lui Bayes. Iată definiţia pe care o dă Bayes probabilităţii în termeni de aşteptare în binecunoscutul său eseu din 1764.

> *Probabilitatea oricărui eveniment* este raportul dintre valoarea la care ar trebui calculată o aşteptare ce se bazează pe producerea evenimentului şi valoarea lucrului aşteptat să se producă (p. 376).

Intenţia lui Bayes în acest scurt enunţ nu este prea clară, dar dacă gîndim în termeni de mize

atunci e ușor să găsim exemple. Bayes însuși, în prima propoziție care urmează definițiilor, dă un exemplu destul de clar pe care este util să-l citez:

> Cînd mai multe evenimente sînt independente, probabilitatea producerii unuia sau altuia dintre ele este suma probabilităților fiecăruia.
>
> Să presupunem trei asemenea evenimente; oricare din ele se va produce, voi obține N, iar probabilitățile primului, celui de-al doilea și celui de-al treilea sînt, respectiv, a/N, b/N, c/N. Atunci (prin definiția probabilității), valoarea așteptării mele relativ la primul va fi a, la cel de-al doilea b și la cel de-al treilea c. Prin urmare, valoarea așteptărilor mele relativ la toate cele trei evenimente va fi $a+b+c$. Dar în acest caz suma așteptărilor mele relativ la toate cele trei evenimente este așteptarea de a obține N pe baza producerii unuia sau altuia dintre aceste evenimente. Prin urmare (prin definiția 5) probabilitatea unuia sau altuia dintre evenimente este $(a+b+c)/N$ sau $(a/N) + (b/N) + (c/N)$, adică suma probabilităților fiecăruia dintre ele (p. 376—377).

În sfîrșit este demnă de citat și propoziția 2, care are o foarte pregnantă aromă modernă:

> Dacă o persoană are o așteptare ce se bazează pe producerea unui eveniment, atunci probabilitatea producerii evenimentului se află în același raport cu probabilitatea neproducerii lui ca și pierderea cauzată de neproducere cu cîștigul cauzat de producere (p. 377).

Și de Finetti, în argumentul său cu privire la coerență, consideră în mod categoric variabilele aleatoare sau, cum preferă el să spună, cantitățile aleatoare, ca fiind primitive și logic anterioare evenimentelor. Prin urmare, există o tradiție onorabilă și importantă în ce privește renunțarea la ideea că evenimentele sînt obiectele adecvate pentru a li se atribui probabilitatea.

Înainte de reveni la dezvoltările sistematice cu privire la așteptare, sînt cîteva lucruri pe care aș vrea să le spun în legătură cu teoria calitativă a probabilităților tratată strict în termeni de evenimente. Dacă evenimentele sînt considerate ca obiecte primitive, avînd definită pe ele o relație binară de ordine cu interpretarea $A \geqslant B$ dacă și numai dacă A este cel puțin la fel de probabil ca B, atunci axiomele cu privire la ele, atît cît pot fi acestea de simple pentru cazul finit, au fost date de Scott (1964). (Axiomele sale îmbunătățesc axiome mai vechi date de Kraft, Pratt și Seidenberg, 1959.) Aceste axiome se găsesc în cadrul teoretic construit de de Finetti pentru probabilitatea subiectivă calitativă, în care deciziile și consecințele nu sînt considerate explicit. Axiomele lui Scott sînt încorporate în următoarea definiție, în care notația A^i e utilizată pentru funcția caracteristică a unei mulțimi A și $\varnothing$ pentru mulțimea vidă. Funcția caracteristică A^i pentru evenimentul A este definită după cum urmează, pentru orice x din Ω, unde Ω este mulțimea rezultatelor posibile:

$$A^i(x) = \begin{cases} 1 \text{ dacă } x \in A \\ 0 \text{ dacă } x \notin A \end{cases}$$

Definiția 1. *Fie* Ω *o mulțime nevidă și* $\geqslant$ *o relație binară pe mulțimea tuturor submulțimilor lui* Ω. *Atunci o structură* $<\Omega, \geqslant>$ *este o structură* (finită) *a credinței calitative dacă și numai dacă pentru toate mulțimile* A *și* B *din* Ω:

Axioma 1. $A \geqslant B$ sau $B \geqslant A$;

Axioma 2. $A \geqslant \varnothing$;

Axioma 3. $\Omega > \varnothing$;

Axioma 4. *Pentru toate submulțimile* $A_0, \ldots, A_n, B_0, \ldots B_n$ *din* Ω *dacă* $A_i \geqslant B_i$ *pentru* $0 \leqslant i < n$ *și pentru toți* x *din* Ω

$$A_0^i(x) + \ldots + A_n^i(x) = B_0^i(x) + \ldots + B_n^i(x)$$

atunci $B_n \geqslant A_n$.

Axioma 4 cere numai ca orice element din Ω să aparțină la exact același număr de A_i și B_i, pentru $0 \leqslant i \leqslant n$. Pentru a ilustra tăria axiomei 4 a lui Scott, putem vedea cum implică ea tranzivitatea. Mai întîi, pentru oricare trei funcții caracteristice are loc în mod necesar:

$$A^i + B^i + C^i = B^i + C^i + A^i$$

adică pentru orice element x din Ω

$$A^i(x) + B^i(x) + C^i(x) = B^i(x) + C^i(x) + A^i(x).$$

Prin ipoteză, $A \geqslant B$ și $B \geqslant C$, de unde, în virtutea axiomei 4,

$$C \leqslant A$$

și astfel, prin definiție, $A \geqslant C$, așa cum s-a dorit. Scott demonstrează că pentru orice structură finită $< \Omega, \geqslant >$ ce satisface axiomele definiției 1 există o măsură de probabilitate P astfel încît pentru submulțimile A și B ale lui Ω

$$A \geqslant B \text{ dacă și numai dacă } P(A) \geqslant P(B).$$

Un prim aspect care trebuie notat este că măsura de probabilitate P nu e unică și nici nu e posibil, după cît se pare, ca unicitatea ei față de o mulțime de transformări dată să fie caracterizată într-un mod interesant — situație care e adevărată pentru multe geometrii finite cînd mulțimea transformărilor este cît se poate de generală, consistentă cu numărul finit de relații exprimate. O dificultate mai serioasă e aceea că atunci cînd măsura probabilității nu este unică, nu există o modalitate clară de a face inferențe suplimentare neambigue așa cum se reflectă acestea în probabilitățile condiționate. O a doua dificultate legată de axiomele lui Scott privite ca teorie a credinței este aceea că ele nu pot fi generalizate, într-un mod simplu și natural, la cazul infinit.

Alte axiomatizări înrudite, în termeni de algebra evenimentelor, au ajuns și ele la dificultăți. De pildă, axiomatizarea lui Luce (1967),

care dă condiții suficiente dar nu necesare pentru unicitate, cere axiome care sînt tari și destul de dificil de înțeles în formularea lor literală, ca și axiomele lui Savage. Axioma lui Luce este următoarea (Krantz *et al.*, 1971, p. 207): (1) Pentru orice evenimente A, B, C și D astfel încît $A \cap B = \varnothing$, $A > C$ și $B \geqslant D$, există evenimentele C', D' și E astfel încît

$$\text{(i)}\quad E \approx A \cup B;$$

$$\text{(ii)}\quad C' \cap D' = \varnothing;$$

$$\text{(iii)}\quad C' \cup D' \subset E;$$

$$\text{(iv)}\quad C' \approx C \text{ și } D' \approx D.$$

Aici $>$ este relația de ordine strictă și $\approx$ relația de echivalență definită în termenii ordonării slabe $\geqslant$. Înțelesul acestei axiome este complex și greu de exprimat în cuvinte. Cu cît căutăm axiome mai slabe, mai apropiate de statutul de a fi necesare și nu doar suficiente, situația pare să se înrăutățească. O discuție destul de detaliată a acestor chestiuni se găsește în capitolele 5 și 9 din Krantz *et al.* (1971).

După cum văd eu lucrurile, morala fabulei este că evenimentele sînt niște obiecte nepotrivite pentru a fi luate aici în considerare. E nevoie de un concept ceva mai bogat, mai manevrabil din punct de vedere formal. Mișcarea de la un anume concept la unul mai bogat, exemplificat de o mulțime mai largă și mai bogată de obiecte, e o mișcare caracteristică în matematică și în știință. Exemplele familiare sînt extinderea numerelor raționale la numerele reale și a numerelor reale la numerele complexe. Din cauza acceptării aproape universale a axiomelor lui Kolmogorov (1933) cu privire la probabilitate, în care evenimentele sînt considerate ca obiecte adecvate pentru a li se atașa probabilități, realizarea unei pledoarii convingătoare în favoarea unui punct de vedere alternativ nu e o sarcină ușoară. Înaintea axiomatizării lui Kolmogorov au fost utilizate variate alternative oarecum vagi.

De exemplu, în influenta sa carte de început Keynes (1921) considera propozițiile ca primitive.

Deplasarea pe care o susțin eu aici este destul de asemănătoare deplasării de la un spațiu de evenimente elementare [sample space] la variabilele aleatoare. Există încercări pozitive, deja menționate, de a privi așteptările variabilelor aleatoare ca noțiunea fundamentală. Se poate argumenta că, în experiența obișnuită, mai degrabă așteptarea decît probabilitatea este conceptul cel mai larg utilizat. Așa cum am menționat în altă parte, argumentul în favoarea acestei idei este evident din punct de vedere practic. Odată ce părăsim evenimentele și vorbim despre ceea ce corespunde variabilelor aleatoare, este firesc, în limbajul obișnuit, să vrem să cunoaștem numai așteptarea și nu întreaga distribuție de probabilitate. Astfel, vorbim de așteptarea evenimentului de a umbla cel puțin zece kilometri în următoarele trei zile, de așteptarea evenimentului căderii a cel puțin trei centimetri de ploaie în următoarele opt ore sau de așteptarea evenimentului ca rata inflației să fie, în anul următor, de aproximativ 9%. În toate aceste cazuri avem de-a face, într-un mod natural, cu o variabilă cantitativă, dar nu sîntem pregătiți să dăm, și de fapt nici nu sîntem interesați, să dăm, întreaga repartiție de probabilități a acelei variabile; ne declarăm pe deplin satisfăcuți cu așteptarea ei.

Structuri de așteptare calitativă

Linia pe care propun să o urmăm, deja descrisă pe scurt de Suppes și Zanotti (1976a), este una conservatoare, anume aceea de a efectua ceea ce pare a fi o extindere minimală a algebrei evenimentelor cu scopul de a obține condițiile necesare și suficiente simple pentru existența unei măsuri de probabilitate pe o algebră și, de a obține, totodată, unicitatea așteptării în termenii variabilelor aleatoare restricționate luate

în considerare. E firesc să numim structurile introduse „structuri de așteptare calitativă".

Extinderea, pornind de la evenimente, e ușor de descris. Mai întîi, înlocuim evenimentele cu funcțiile lor caracteristice. Amintim că o funcție caracteristică este tocmai o funcție definită pe mulțimea rezultatelor posibile astfel încît funcția ia valoarea 1 pentru rezultate posibile incluse în evenimentul considerat ca mulțime și valoarea 0 pentru toate celelalte rezultate posibile. Desigur, trecerea de la evenimente la funcțiile lor caracteristice nu schimbă cu nimic situația conceptuală. Mișcarea care creează, totuși, o schimbare constă în a extinde mulțimea funcțiilor caracteristice, închizîndu-le față de adunare. Mai explicit, această condiție de închidere are următorul înțeles: fie Ω mulțimea rezultatelor posibile și fie $\mathcal{F}$ o algebră a evenimentelor pe Ω, adică $\mathcal{F}$ este o familie nevidă de submulțimi ale lui Ω și e închisă față de relațiile de complementaritate și de reuniune. Fie, ca mai înainte, A^{ι} funcția caracteristică a evenimentului A. Algebra $\mathcal{F}^*$ a funcțiilor caracteristice *extinse* relative la $\mathcal{F}$ este atunci cel mai mic semigrup (față de adunarea funcțiilor) ce conține funcțiile caracteristice ale tuturor evenimentelor din $\mathcal{F}$. Cu alte cuvinte, $\mathcal{F}^*$ este intersecția tuturor mulțimilor cu proprietatea că dacă A este în $\mathcal{F}$, atunci A^{ι} este în $\mathcal{F}^*$ și dacă X și Y sînt în $\mathcal{F}^*$, atunci $X + y$ este în $\mathcal{F}^*$. E ușor de arătat că orice funcție X din $\mathcal{F}^*$ este funcție definită pe Ω cu valori în mulțimea numerelor întregi. Chiar această extindere de la funcțiile caracteristice la funcțiile ce iau valori din mulțimea întregilor justifică numirea elementelor lui $\mathcal{F}^*$ ca: funcții caracteristice extinse.

Iată acum cîteva exemple care vor ilustra caracterul natural al acestor funcții caracteristice extinse. Aceste aplicații apar ori de cîte ori avem o colecție de evenimente care nu sînt reciproc exclusive și sîntem interesați în determinarea așteptării la nivelul colecției și nu la nivelul evenimentelor individuale. Jones vrea să

evalueze capacitățile a doi meteorologi, dar el dorește să facă acest lucru doar într-un mod general, prin examinarea abilității lor de a prezice ploaia în Ithaca cu 24 ore înainte. El face aceasta pur și simplu cercetînd rapoartele lor pentru anul trecut și apoi estimînd așteptarea fiecăruia pentru anul următor. Efectuînd această judecată cu privire la așteptare, el face o judecată calitativă cu privire la valoarea relativă a două funcții caracteristice extinse.

Iată și un al doilea exemplu. Să considerăm o populație particulară formată din n indivizi, numerotați 1, ..., n. Fie A_i evenimentul că individul i pleacă în Hawaii pentru vacanță în acest an și fie B_i evenimentul că individul i pleacă a Acapulco. Apoi definim

$$A^* = \sum_{i=1}^{n} A_i^i \text{ și } B^* = \sum_{i=1}^{n} B_i^i.$$

Evident, A^* și B^* sînt funcții caracteristice extinse — am lăsat implicită mulțimea de bază Ω. Este semnificativ și absolut firesc să comparăm calitativ valorile așteptate ale lui A^* și B^*. După cite s-ar putea presupune, astfel de comparații au în fapt o însemnătate categorică pentru agențiile de călătorii, liniile aeriene și altele asemănătoare.

Asemenea comparații calitative ale valorii așteptate sînt firești și decurg din uzul obișnuit, așa cum am discutat. Desigur, am putea considera un cadru mai general decît acela foarte restricționat al funcțiilor caracteristice extinse, dar astfel de funcții sînt suficiente pentru a ne oferi un frumos cadru pentru specificarea calitativă a condițiilor necesare și suficiente. Odată găsită o așteptare unică pentru aceste funcții, extinderea la alte funcții, prin intermediul măsurii probabilității definită pe spațiul evenimentelor elementare sau pe mulțimea rezultatelor posibile, devine simplă și familiară.

Axiomele sînt încorporate în definiția unei algebre calitative a funcțiilor caracteristice extinse. Mai multe aspecte privind notația reclamă o anume atenție. Mai întîi, Ω^i și $\varnothing^i$ sînt funcțiile caracteristice ale mulțimii Ω de rezultate posibile și, respectiv, ale mulțimii vide $\varnothing$. În al doilea rînd, notația nX pentru o funcție din $\mathcal{F}^*$ este chiar notația standard pentru suma (de funcții) a lui X cu el însuși de n ori. În al treilea rînd, aceeași notație e folosită pentru relația de ordine pe $\mathcal{F}$ și pe $\mathcal{F}^*$, deoarece relația definită pe $\mathcal{F}^*$ e o extindere a aceleia definită pe $\mathcal{F}$: pentru A și B din $\mathcal{F}$,

$$A \geqslant B \text{ dacă și numai dacă } A^i \geqslant B^i.$$

În sfîrșit, relația de ordine strictă $>$ este definită în modul obișnuit, în termenii ordonării slabe $\geqslant$.

Definiția 2. *Fie Ω o mulțime nevidă, fie $\mathcal{F}$ o algebră a mulțimilor pe Ω și fie $\geqslant$ o relație binară pe $\mathcal{F}^*$, algebra funcțiilor caracteristice extinse relative la $\mathcal{F}$. Atunci $< \Omega, \mathcal{F}^*, \geqslant >$* este o structură de așteptare calitativă *dacă și numai dacă sînt satisfăcute următoarele axiome pentru orice* X, Y *și* Z din $\mathcal{F}^*$:

Axioma 1. *Relația $\geqslant$ este o relație de ordine slabă definită pe $\mathcal{F}^*$*;

Axioma 2. $\Omega^i > \varnothing^i$;

Axioma 3. $X \geqslant \varnothing^i$;

Axioma 4. $X \geqslant X$ *dacă și numai dacă* $X + Z \geqslant Y + Z$;

Axioma 5. *Dacă* $X > Y$, *atunci pentru orice* Z *există un întreg pozitiv* n *astfel încît*

$$nX \geqslant nY + Z$$

Aceste axiome ar trebui să fie familiare din literatura asupra probabilității calitative. De notat că axioma 4 este axioma de aditivitate care se aseamănă mult cu axioma de aditivitate pentru evenimente a lui de Finetti: dacă $A \cap C = B \cap C = \varnothing$, *atunci* $A \geqslant B$ *dacă și numai dacă*

$A \cup C \geqslant B \cup C$. Pe măsură ce trecem de la evenimente la funcții caracteristice extinse, adunarea de funcții înlocuiește reuniunea mulțimilor. Ceea ce are importanță din punct de vedere formal în legătură cu această trecere este deja observabil în formularea exactă a axiomei 4. Aditivitatea funcțiilor caracteristice extinse este necondiționată — nu există nici o restricție corespunzătoare lui $A \cap C = B \cap C = \varnothing$. Absența acestei restricții are consecințe formale cu bătaie lungă, permițîndu-ne să aplicăm, fără nici o modificare reală, teoria generală a măsurării extensive. Axioma 5 este o formă a axiomei arhimedeene, apropiată de aceea folosită în lucrarea mai veche a lui Roberts și Luce (1968), ca și de formularea axiomei arhimedeene a lui Alimov (1950) în termeni de non-existență a perechilor anomalice. Axioma lui Roberts și Luce are forma:

Dacă $X > Y$, atunci pentru orice U și V din $\mathcal{F}^*$ există un întreg pozitiv n astfel încît

$$nX + U \geqslant nY + V.$$

Dar în teoria lor generală a măsurării extensive nu se presupune pozitivitatea slabă care aici e exprimată prin axioma 3 din definiția 2. E ușor de arătat că axioma 5 implică și este implicată de axioma arhimedeeană a lui Roberts și Luce, în prezența axiomelor 1-4. Să presupunem, mai întîi, axioma 5. Atunci, pentru orice V există un n astfel încît

$$nX \geqslant nY + V,$$

dar pentru orice U, avem din axiomele 3 și 4:

$$nX + U \geqslant nX + \varnothing^i = nX$$

și, astfel, prin tranzitivitate

$$nX + U \geqslant nY + V,$$

așa cum se dorea. Pe de altă parte, axioma lor implică în mod evident axioma 5, căci putem oricînd pune $U = \varnothing^i$.

În enunțul teoremei care urmează, a spune că o măsură de probabilitate P este strict compatibilă cu o relație de ordine pe algebra $\mathcal{F}$ a evenimentelor înseamnă a spune că pentru toate evenimentele A și B

$$P(A) \geqslant P(B) \text{ dacă și numai dacă } A \geqslant B.$$

A ne referi la o unică funcție de așteptare strict compatibilă definită pe $\mathcal{F}^*$ înseamnă a ne referi la o funcție E definită pe $\mathcal{F}^*$ cu valori în mulțimea numerelor reale, astfel încît pentru X și Y din $\mathcal{F}^*$

(1) $E(X) \geqslant E(Y)$ dacă și numai dacă $X \geqslant Y$,
(2) $E(X+Y) = E(X) + E(Y)$,
(3) $E(\varnothing') = 0$ și $E(\Omega') = 1$.

Teorema 1. Fie Ω o mulțime nevidă, fie $\mathcal{F}$ o algebră de submulțimi din Ω și fie $\geqslant$ o relație binară definită pe $\mathcal{F}$. Atunci, o condiție necesară și suficientă a existenței unei măsuri de probabilitate strict compatibile pe $\mathcal{F}$ o constituie existența unei extinderi a lui $\geqslant$ de la $\mathcal{F}$ la $\mathcal{F}^*$, astfel încît structura $<\Omega, \mathcal{F}^*, \geqslant>$ este o structură de așteptare calitativă. Mai mult, dacă $<\Omega, \mathcal{F}^*, \geqslant>$ este o structură de așteptare calitativă, atunci există o unică funcție de așteptare strict compatibilă pe $\mathcal{F}^*$ și această funcție de așteptare generează o unică măsură de probabilitate strict compatibilă pe $\mathcal{F}$.

Principalul instrument în demonstrație provine din teoria măsurării extensive: condițiile necesare și suficiente pentru existența unei reprezentări numerice, așa cum sînt date în Krantz *et al.* (1971, p. 73—74, teorema 1). Demonstrația detaliată a teoremei 1 se găsește în Suppes și Zanotti (1976a).

Procedura a constat din a axiomatiza într-o manieră calitativă așteptarea funcțiilor caracteristice extinse. Nu a fost nevoie de luarea în considerare a tuturor variabilelor aleatoare și, pe de altă parte, mulțimea mai restrînsă a func-

ţiilor caracteristice creează aceleaşi dificultăţi legate de axiomatizare cu care se confruntă şi algebra evenimentelor. Atunci, secvenţa naturală de dezvoltări este:

(1) axiomatizarea calitativă a aşteptării funcţiilor caracteristice extinse;

(2) utilizarea aşteptării numerice unice pentru a determina o măsură de probabilitate (finit aditivă) prin definirea pentru fiecare eveniment A, $P(A) = E(A^t)$;

(3) utilizarea măsurii de probabilitate P pentru a determina aşteptarea oricărei variabile aleatoare definită pe spaţiu.

BIBLIOGRAFIE

Abraham. R. and Marsden, J.E. (1978), *Foundations of Mechanics* (2nd edn). Reading, Mass.: Benjamin/Cummings Publishing Company.

Alimov, N. G. (1950). *Cu privire la semigrupurile ordonate.* „Izvestiia Akademii Nauk SSSR", Ser. Mat., 14, 569—576. (în l. rusă).

Almog. J. (1984), *Would you believe that?* „Synthese", 58, 1—37.

Anderson, J. R. (1976), *Language, Memory, and Thought.* Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Anscombe, G. E. M. (1975), *Causality and determination.* In E. Sosa (ed.). *Causation and Conditionals.* London: Oxford University Press.

Archimedes (1897), *On the Sphere and Cylinder.* Translated by T. L. Heath. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Archimedes (1897), *On the Equilibrium of Planes.* Translated by T. L. Heath. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Aristotle (1941), *Nicomachean Ethics.* New York: Random House.

Aristotle (1966). *Posterior Analytics,* Loeb edition. Translated by H. Tredennick. Cambridge, Massî.: Harvard University Press.

Aristotle (1967a). *On Interpretation.* Loeb edition. Translated by H. P. Cooke. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Aristotle (1967b). *Prior Analytics,* Loeb edition. Translated by H. Tredennick. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Aristotle (1968a). *Metaphysics,* Loeb edition. Translated by H. Tredennick. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Aristotle (1968b). *Physics,* Loeb edition. Translated by P. H. Wickstead and F. M. Cornford. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Aristotle (1978). *De Motu Animalium.* Translated by M. C. Nussbaum. Princeton, N. J.: Princeton University Press.

Aumann, R. J. (1962), *Utility theory without the completeness of axiom*. „Econometrica", 30, 445—462.
Aumann, R. J. (1964), *Utility theory without the completeness of axiom: a correction*. „Econometrica", 32, 210—212.
Ayer, A. J. (1946), *Language, Truth and Logic* (2nd edn). London: Victor Gollancz.
Bailey, C. (1928), *The Greek Atomists and Epicurus*, London: Oxford University Press.
Barrow, John D. (1982), *Chaotic behaviour in general relativity*. „Physics Reports" (Review Section of Physics Letters), 85, 1—49. Amsterdam: North-Holland.
Bayes, T. (1764), *An essay toward solving a problem in the doctrine of chance*. „Philosophical Transactions of the Royal Society", 53, 370—418.
Bell, J. S. (1964), *On the Einstein-Podolsky-Rosen paradox*. „Physics", 1, 195—200.
Bell, J. S. (1966). *On the problem of hidden variables in quantum mechanics*, „Reviews of Modern Physics", 38, 447—452.
Bentley, R. (1838), *Works* (Vol. III) London.
Bickel, P. J., Hammel, E. A., and O'Connell, J. W. (1975), *Sex bias in graduate admissions: Data from Berkeley*. „Science", 187, 398—404.
Bjelke, E. (1975), *Dietary vitamin A and human lung cancer*. „International Journal of Cancer", 15, 561—565.
Blackwell, D., and Girshick, M. A. (1954), *Theory of Games and Statistical Decisions*. New York: Wiley.
Bohm, D., and Aharonov, Y. (1957), *Discussion of experimental pro-of for the paradox of Einstein, Rosen and Podolsky*. „Physical Review", 108, 1070—1076.
Boscovich, J. R. (1763/1922), *Theoria Philosophiae Naturalis* (Venetian edn, 1763; Latin-English edn, 1922. Chicago: Open Court, 1922).
Cagan, R. H., and Kare, M. R. (eds) (1981), *Biochemistry of Taste and Olfaction*. New York: Academic Press.
Carterette, E. C., and Friedman, M. P. (eds) (1975), *Handbook of Perception* (Vol. V): *Seeing*. New York Academic Press.
Carterette, E. C., and Friedman, M. P. (eds) (1978), *Handbook of Perception* (Vol. VIA): *Tasting and Smelling*. New York: Academic Press.
Cartwright, N. (1979), *Causal laws and effective strategies*. „Nous", 13, 419—437.
Chaitin, G. (1969), *On the length of programs for computing finite binary sequences*. „Journal of the Association of Computing Machinery", 16, 145—159.
Chang, W. W. and I. B., and Kutscher, H. W. and A. H. (1970), *An Encyclopedia of Chinese Food and Cooking*. New York: Crown Publishers.
Chao, B. Y. (1963), *How to Cook and Eat in Chinese* (3rd edn). New York: Random House.
Church, A. (1950), *On Carnap's analysis of statements of assertion and belief*. „Analysis", 10, 97—99.
Church, A. (1954), *Intensional isomorphism and identity of belief*. „Philosophical Studies", 5 (5), 65—78.

Clauser, J. F., Horne, M. A., Shimony, A., and Hold, R. A. (1969), *Proposed experiment to test local hidden-variable theories*. „Physical Review Letters", 23, 880—884.
Cohen, M. R., and Nagel, E. (1934), *An Introduction to Logic and Scientific Method*. New York: Harcourt, Brace.
Collingwood, R. J. (1939/1972). *Essay on Metaphysics*. Chicago, Ill.: Henry Regnery Company, Gateway Edition, 1972. (First published in 1939.)
Cover, T. M. (1969), *Hypothesis testing with finite statistics*. „Annals of Mathematical Statistics", 40, 828—835.
David, F. N. (1962), *Games, Gods and Gambling: The origins and history of probability and statistical ideas from the earliest times to the Newtonian era*. London: Charles Griffin.
Davidson, D., and Suppes, P. (1956), *A finitistic axiomatization of subjective probability and utility*. „Econometrica", 24, 264—275.
Dawes, R. M. (1971), *A case study of graduate admissions: Application of three principles of human decision making*. „American Psychologist", 26, 180—188.
Dawes, R. M. (1979), *The robust beauty of improper linear models in decision making*. „American Psychologist", 34, 571—582.
Debreu, G. (1959), *Cardinal utility for even-chance mixtures of pairs of sure prospects*. „Review of Economic Studies", 71, 174—177.
de Finetti, B. (1931), *Sul significato della probabilità*. „Fundamenta Mathematicae", 17, 298—329.
de Finetti, B. (1937), *La prévision: ses lois logiques, ses sources subjectives*. „Annales de l'Institut Henri Poincaré", 7 1—68. English translation in H.E. Kyburg, Jr, and H.E. Smokler (eds). *Studies in Subjective Probability*. New York Wiley, 1964.
de Finetti, B. (1970/1974), *Theory of Probability* (Vol. 1.) Translated by A. Machi and A. Smith. New York: Wiley, 1974. First published 1970.
de Moivre, A. (1718/1756), *The Doctrine of Chances* (3rd edn). London: Chelsea.
Descartes, R. (1647), *Principia Philosophiae*. Translated from Latin into French by L'Abbé Picot. Paris.
Descartes R. (1824), *Le Monde*. Cousin edition of *Oeuvres de Descartes*, Vol. 4, 262—263. Paris.
Descartes, R. (1931), *The Meditations*. Translated by J. Veitch. Chicago. Ill.: Open Court Publishing Company.
Descartes, R. (1940), *Regulae Directionem Ingenii*. French translation. Librairie Joseph Gibert: Paris.
Descartes, R. (1954), *La Géométrie*. Translated from the French and Latin by D. E. Smith and M. L. Latham. New York: Dover.
Eddy, J. A (1976), *The Maunder minimum; the reign of Louis XIV appears to have been a time of real anomaly in the behavior of the sun*. „Science", 192, 1182—1202.
Edmunds, L. (1975), *Chance and Intelligence in Thucydides*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Einstein, A., Podolsky, B., and Rosen, N. (1935), *Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?* „Physical Review", 47, 777—780.

Ellis, C. (1969) *Probabilistic languages and automata.* Unpublished doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Estes, W. K., and Suppes, P. (1959). *Foundations of linear models.* In R. R. Bush and W. K. Estes (eds). *Studies in Mathematical Learning Theory.* Stanford, Calif.: Stanford University Press.

Euclid (1926), *The Thirteen Books of Euclid's Elements.* Translated from the text of Heiberg with introduction and commentary by Sir Thomas L. Heath (2nd edn). Cambridge: Cambridge University Press.

Euclid (1945), *Optics.* Translated by H. E. Burton. „Journal of the Optical Society of America", 35, 357—372.

Evans, J.V. (1982). *The sun's influence on the earth's atmosphere and interplanetary space.* „Science", 216, 467—474.

Fant, G. (1960), *Acoustic Theory of Speech Production, with Calculations based on X-ray Studies of Russian Articulations.* 'S-Gravenhage. Sweden: Mouton.

Fine, T. L. (1973), *Theories of Probability.* New York: Academic Press.

Fishburn, P.C. (1970), *Utility Theory for Decision Making.* New York: Wiley.

Fisher, R. A. (1935/1949), *The Design of Experiments* (5th edn). Edinburgh and London: Oliver and Boyd. (Originally published, 1935).

Freedman, S. J., and Clauser, J. F. (1972). *Experimental test of local hidden-variable theories.* „Physical Review Letters", 28, 938—941.

French, T. E. (1941). *A Manual of Engineering Drawing for Students and Draftsmen* ((6th edn). New York: McGraw-Hill.

Gleason, A. M. (1957). *Measures on the closed subspaces of a Hilbert space.* „Journal of Mathematics and Mechanics", 6, 885—893.

Greenwood, M., and Yule, G. U. (1915), *The statistics of anti-typhoid and anti-cholera inoculations, and the interpretation of such statistics in general.* „Proceedings of the Royal Society of Medicine", 8, 113—190.

Gumowski, I. (1982), *Chaos in dynamics.* „Jahrbuch Überblicke Mathematik", 9—36.

Hazan, M. (1977), *The Classical Italian Cookbook.* New York, Alfred A. Knopf.

Herstein, I. N., and Milnor, J. (1953). *An axiomatic approach to measurable utility* .„Econometrica", 21, 291—297.

Hesslow, G. (1976). *Two notes on the probabilistic approach to causality.* „Philosophy of Science", 43, 290—292.

Hesslow, G. (1981). *Causality and determinism.* „Philosophy of Science", 48, 591—605.

Hintikka, J., and Remes, U. (1974), *The Method of Analysis: its geometrical origin and its general significance.* Dordrecht: Reidel.
Hintzman, D. L. (1980), *Simpson's paradox and the analysis of memory retrieval.* „Psychological Review", 87, 398—410.
Horgan, T. (1980), *Humean causation and Kim's theory of events.* „Canadian Journal of Philosophy", 10, 663—679.
Hume, D. (1888). *A Treatise on Human Nature.* Edited by L. A. Selby-Bigge. Oxford University Press.
Hume, D. (1902), *An Enquiry Concerning Human Understanding* (2nd edn). Oxford: University Press.
Humphreys, P. (1976), *Inquiries in the philosophy of probability: Randomness and independence.* Unpublished doctoral Dissertation, Stanford University.
Ito, S. (1980), *The Medieval Latin Translation of the Data of Euclid.* Boston, Mass.: Birkhäuser, University of Tokyo Press.
Jeffrey, R. C. (1965), *The Logic of Decision.* New York: McGraw-Hill.
Kahneman, D., Slovic, P., and Tversky, A. (eds) (1982), *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases.* Cambridge: Cambridge University Press.
Kant, I. (1883), *Prolegomena to Every Future System of Metaphysics.* Translated by E. B. Bax. London: George Bell and Sons.
Kant, I. (1949), *Critique of Pure Reason.* Translated by F. M. Müller. London: Macmillan and Company.
Kant, I. (1949), *An Inquiry into the Distinctness of the Principles of Natural Theology and Morals.* Translated by L. W. Beck. In *Critique of Practical Reason and Other Writings in Moral Philosophy.* Chicago, Ill.: University of Chicago Press.
Kant, I. (1970). *Metaphysical Foundations of Natural Science.* Translated by J. Ellington, Indianapolis, Indiana: Bobbs-Merrill.
Kaplan, D. (1977), *Demonstratives,* Draft No. 2, UCLA: unpublished.
Kendall, M. G., and Stuart, A. (1961), *The Advanced Theory of Statistics* (Vol. 2). *Inference and Relationship.* London: Griffin.
Keynes, J. M. (1921), *A Treatise on Probability:* London: Macmillan.
Kohlrausch, K. W. F. (1926), *Der experimentelle Beweis für den statistischen Charakter des radioaktiven Zerfallsgesetzes.* „Ergebnisse der Exakten Naturwissenschaften", 5, 192—212.
Kolmogorov, A. N. (1933/1959), *Foundations of the Theory of Probability.* Translated by N. Morrison. New York: Chelsea Publishing Company.
Kolmogorov, A. (1963), *On tables of random numbers.* „Sankhya Ser." A, 369—376.
Koopman, B. O. (1940a), *The axioms and algebra of intuitive probability,* „Annals of Mathematics", 41, 260—292.
Koopman, B. O. (1940b), *The bases of probability.* „Bulletin of the American Mathematical Society", 46, 763—774.

Kraft, C. H., Pratt, J. W., and Seidenberg, A. (1959), *Intuitive probability on finite sets.* „The Annals of Mathematical Statistics", 30, 408—419.

Krantz, D. H., Luce, R. D., Suppes, P., and Tversky, A. (1971), *Foundations of Measurement* (Vol. 1). New York: Academic Press.

Kripke, S. A. (1979), *A puzzle about belief.* In A. Margalit (ed.), *Meaning and Use*, pp. 239—283. Dordrecht: Reidel.

Laplace, P. S. (1774), *Mémoire sur la probabilité des causes par les événements.* „Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Paris (Savants étrangers)", Tome VI, 621.

Laplace, P. S. (1820), *Théorie analytique des probabilités.* Troisième édition, revue et augmentée par l'auteur. Paris: Courcier.

Laplace, P. S. (1829—39/1966), *Celestial Mechanics* (N. Bowditch, trans., 4 volumes). Boston: 1829, 1832, 1834, 1839. Reprinted by Chelsea Publishing Co., New York, 1966.

Laplace, P. S. (1951), *A Philosophical Essay on Probabilities* (6th French edn, translated by F. W. Truscott and F. L. Emory). New York: Dover

Lewis, D. (1973), *Causation.* „Journal of Philosophy", 70, 556—567.

Luce, R. D. (1967), *Sufficient conditions for the existence of a finitely additive probability measure.* „Annals of Mathematical Statistics", 38, 780—786.

Luce, R. D., and Raiffa, H. (1957), *Games and Decisions: Introduction and Critical Survey.* New York: Wiley.

Luce, R. D., and Suppes, P. (1965), *Preference, utility and subjective probability.* In R. D. Luce, R. R. Bush, and E. Galanter (eds), *Handbook of Mathematical Psychology* (Vol. 3), pp. 249—410. New York: Wiley.

Mackey, G. W. (1963), *The Mathematical Foundations of Quantum Mechanics.* New York: W. A. Benjamin.

Manin, Yu. I. (1979/1981). *Mathematics and Physics.* (A. and N. Koblitz, trans.). Boston, Mass.: Birkhäuser (Originally published, 1979).

Markel, J. D., and Gray Jr. A. H. (1976), *Linear Prediction of Speech.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.

Marschak, J. (1950), *Rational behavior, uncertain prospects, and measurable utility.* „Econometrica", 18, 111—141.

Martin, E. (1981), *Simpson's paradox resolved: A reply to Hintzman.* „Psychological Review", 88, 372—374.

Martin-Löf, P. (1966), *Algorithms and random sequences,* doctoral dissertation, University of Erlangen, Germany.

Mates, B. (1950), *Synonymity.* „University of California Publications in Philosophy", 25, 201—226.

Maxwell, J. C. (1892), *A Treatise on Electricity and Magnetism* (3rd edn). London: Oxford University Press.

McKinsey, J. C. C., Sugar, A. C., and Suppes, P. (1953). *Axiomatic foundations of classical particle mechanics.* „Journal of Rational Mechanics and Analysis", 2, 253—272.

Meehl, P. E. (1954), *Clinical versus Statistical Prediction: A theoretical analysis and review of the literature.* Minneapolis: University of Minnesota Press.

Mill, J. S. (1893). *A System of Logic* (8th edn). New York and London: Harper.
Miller, G. A. and Johnson-Laird, P. N. (1976), *Language and Perception*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
Moser, J. (1973), *Stable and Random Motions in Dynamical Systems with Special Emphasis on Celestial Mechanics*. Hermann Weyl Lectures, the Institute for Advanced Study. Princeton, N. J. : Princeton University Press.
Needham, J. (1959), *Science and Civilisation in China* (Vol. 3): *Mathematics and the Sciences of the Heavens and the Earth*. Cambridge: Cambridge University Press.
Neurath, O., Carnap, R., and Morris, C. W. (eds) (1938), *International Encyclopedia of Unified Science* Vol. 1, Part 1. Chicago: University of Chicago Press.
Newton, I., (1946), *Principia*. Berkeley, California: University of California Press. Cajori Translation.
Nisbett, R. E., and Wilson, T. D. (1977), *Telling more than we can know: Verbal reports in mental processes*. „Psychological Review", 84, 231—259.
Nussbaum, M. C. (1978), *Aristotle's De Motu Animalium*. Princeton, N. J. : Princeton University Press.
Oates, W. J. (1940), *The Stoic and Epicurean Philosophers: The complete extant writings of Epicurus, Epictetus, Lucretius, Marcus Aurelius*. New York: Random House.
Ornstein, D. S. (1974), *Ergodic Theory, Randomness and Dynamical Systems*, New Haven and London: Yale Univerisity Press.
Peirce, C. S. (1891), *The architecture of theories*. „Monist", 1, 162—176.
Peirce, C. S. (1892), *The doctrine of necessity examined*. „Monist", 2, 321—337.
Pisoni, D. B., and Sawusch, J. R. (1975), *Some stages of processing in speech perception*. In A. Cohen and S. G. Nooteboom (eds), *Structure and Process in Speech Perception*, pp. 16—35. New York, Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag.
Poincaré, H. (1890), *Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique*. „Acta Mathematica", 13, 1—271.
Ptolemy, C. (1952). *Almagest*. Translated by R. C. Taliaferro. Chicago, Ill.: Encyclopaedia Britannica.
Ptolemy, C. (1964). *Tetrabiblos*, Loeb edition. Translated by F. E. Robbins. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
Ramsey, R. P. (1931/1964), *Truth and probability*. In R. P. Ramsey, *The Foundations of Mathematics and other Logical Essays*, pp. 156—198. New York: Harcourt, Brace, 1931. Reprinted in H. E. Kyburg, Jr, and H. E. Smokler (eds), *Studies in Subjective Probability*, pp. 61—92. New York: Wiley.
Rawls, J. (1971), *A Theory of Justice*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
Roberts, F. S., and Luce, R. D. (1968), *Axiomatic thermodynamics and extensive measurement*. „Synthese", 18, 311—326.

Rosen, D. (1978), *In defence of a probabilistic theory of causality.* „Philosophy of Science", 45, 604—613.
Rosen, D. (1982/3), *A critique of deterministic causality.* „The Philosophical Forum", 14 (2), 101—130.
Rutherford, E., and Geiger, H., (1910), *The probability variations in the distribution of α particles.* „London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine", 20, 698—707.
Salmon, W. C. (1980), *Probabilistic causality.* „Pacific Philosophical Quarterly", 61, 50—74.
Salmon, W. C. (1982), *Further reflections.* In R. McLaughlin (ed.), *What? Where? When? Why?* pp. 231—280. Dordrecht: Reidel.
Savage, L. J. (1954/1972), *The Foundations of Statistics* (rev. edn). New York: Dover, 1972. First published in 1954.
Scott, D. (1964), *Measurement structures and linear inequalities.* „Journal of Mathematical Psychology", 1, 233—247.
Semb, G. (1968), *The detectability of the odor of butanol.* „Perception and Psychophysics", 4, 335—340.
Siegel, L., and Moser, J. K. (1971), *Lectures on Celestial Mechanics.* New York: Springer-Verlag.
Simpson. E. H. (1951), *The interpretation of interaction in contingency tables.* „Journal of the Royal Statistical Society", Ser. B, 13, 238—241.
Smith, B.H., and Kreutzberg, G.W. (1976), *Neuron-target cell interactions,* Neurosciences Research Program Bulletin", 14, 211—453.
Sneed. J.D. ((1966), *Strategy and the logic of decision.* „Synthese", 16, 270—283.
Solomonoff, R. (1964a), *A formal theory of inductive inference, Part I.* „*Information and Control*", 7, 1—22.
Solomonoff, R. (1964b), *A formal theory of inductive inference, Part II.* „*Information and Control*, 7, 224—254.
Stegmüller, W, (1973), *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie, Band IV. Personelle und Statistische Wahrscheinlichkeit. Zweiter Halbband, Statistiches Schliessen, Statistische Begründung, Statistische Analyse.* Berlin: Springer-Verlag.
Suppes, P. (1956), *The role of subjective probability and utility in decision-making.* In J. Neyman (ed.), *Proceedings of the Third Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability* (Vol. 5), pp. 61—73. Berkeley, Calif.: University of California Press.
Suppes, P. (1957), *Introduction to Logic. New York*: Van Nostrand.
Suppes, P. (1966a), *Concept formation and Bayesian decision.* In J. Hintikka and P. Suppes (eds), *Aspects of Inductive Logic,* pp. 21—48. Amsterdam: North-Holland.
Suppes, P. (1966b), *The probabilistic argument for a non-classical logic of quantum mechanics.* „Philosophy of Science" 33, 14—21.
Suppes, P. (1970a), *Probabilistic grammars for natural languages.* „Synthese", 22, 95—116.
Suppes, P. (1970b), *A Probabilistic Theory of Causality.*

„Acta Philosophica Fennica", 24, Amsterdam: North-Holland.
Suppes, P. (1973a) *Congruence of meaning*, „Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association", 46, 21—38.
Suppes, P. (1973b), *New foundations of objective probability. Axioms for propensities*. In P. Suppes L. Henkin, A. Joja. and Gr. C. Moisil (eds), *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, pp. 515—529. Amsterdam: North-Holland.
Suppes, P. (1974a), *Aristotle's concept of matter and its relation to modern concepts of matter*, „Synthese", 28, 27—50.
Suppes, P. (1974b), *The essential but implicit role of modal concepts in science*. In K. F. Schaffner and R. S. Cohen (eds), PSA 1972, pp. 305—314. Dordrecht: Reidel.
Suppes, P. (1974c), *The measurement of belief*. „Proceedings of the Royal Statistical Society" (Series B), 36, 160—175.
Suppes, P. (1980a), *Limitations of the axiomatic method in ancient Greek mathematical sciences*. In J. Hintikka. D. Gruender, and E. Agazzi (eds), „Pisa Conference Proceedings" (Vol. 1), pp. 197—213. Dordrecht: Reidel.
Suppes, P. (1980b), *Procedural semantics*. In R. Haller and W. Grassl (eds). *Language, Logic, and Philosophy* (Proceedings of the 4th International Wittgenstein Symposium, Kirchberg am Wechsel, Austria 1979). pp. 27—35. Vienna: Hölder-Pichler-Tempsky.
Suppes, P. (1981a), *Logique du Probable*. Paris: Flammarion.
Suppes, P. (1981b), *Scientific causal talk: A reply to Martin*. „Theory and Decision", 13, 363—380.
Suppes, P. (1982), *Rational allocation of resources to scientific research*. In L. J. Cohen, I. Los, H. Pfeiffer, and K.-P. Podewski (eds). *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, VI. Amsterdam: North-Holland.
Suppes, P. (1983), *Arguments for randomizing*. In P. D. Asquith and T. Nickles (eds), PSA 1982. Lansing, Mich.: Philosophy of Science Association. pp 464—475.
Suppes, P., Léveillé, M., and Smith R. L. (1974), *Developmental Models of a Child's French Syntax* (Tech. Rep. 243, Psych. and Educ. Ser.). Stanford, Calif.: Stanford University, Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences.
Suppes, P., Léveillé, M., and Smith, R. (1979), *Probabilistic modelling of the child's productions*. In P. Fletcher and M. Garman (eds), *Language Acquisition*, pp. 397—417. Cambridge: Cambridge University Press.
Suppes P., Smith, R., and Léveillé, M. (1973), *The French syntax of a child's noun phrases*. „Archives de Psychologie", 42, 207—269.
Suppes, P., and Winet, M. (1955), *An axiomatization of utility based on the notion of utility differences*. „Management Science", 1, 259—270.
Suppes, P., and Zanotti, M. (1976a), *Necessary and sufficient conditions for existence of a unique measure strictly agreeing with a qualitative probability ordering*. „Journal of Philosophical Logic", 5, 431—438.

Suppes, P., and Zanotti, M. (1976b), *On the determinism of hidden variable theories with strict correlation and conditional statistical independence of variables.* In P. Suppes (ed), *Logic and Probability in Quantum Mechanics*, pp. 445—455. Dordrecht: Reidel.

Suppes, P., and Zanotti, M. (1980). *A new proof of the impossibility of hidden variables using the principles of exchangeability and identity of conditional distributions.* In P. Suppes (ed.), *Studies in the Foundations of Quantum Mechanics*, pp. 173—191. East Lansing, Mich.: Philosophy of Science Association.

Suppes, P., and Zanotti, M. (1981), *When are probabilistic explanations possible?* „Synthese", 48. 191—199.

Suppes, P., and Zanotti, M. (1984), *Causality and symmetry* In S. Diner. D. Fargue, G. Lochak, and W. Selleri (eds) *The Wave-Particle Dualism*, pp. 331—340. Dordrecht: Reidel.

Tarski, A. (1951), *A Decision Method of Elementary Algebra and Geometry* (2nd edn). Berkeley, Calif.: University of California Press.

Tarski, A. (1959). *What is elementary geometry?* In L. Henkin, P. Suppes, and A. Tarski, (eds), *The Axiomatic Method*, pp. 16—29. Amsterdam: North-Holland.

Van Fraassen, B. C. (1982). *Rational belief and the common cause principle.* In R. McLaughlin (ed.). *What? Where? When? Why?* pp. 193—209. Dordrecht: Reidel.

Victor, S. K. (1979). *Practical Geometry in the High Middle Ages. Artis Cuiuslibet consummatio and the Pratike de geometrie.* Philadelphia, Pa.: The American Philosophical Society.

von Neumann, J., and Morgenstern, O. (1947/1953), *Theory of Games and Economic Behavior.* Princeton, N. J.: Princeton University Press.

von Plato, J. (1983), *The method of arbitrary functions.* „British Journal for the Philosophy of Science", 34, 37—47.

Wheeler, J. A. (1962), *Curved empty space-time as the building material of the physical world: An assessment.* In E. Nagel, P. Suppes, and A. Tarski (eds), *Logic, Methodology and Philosophy of Science.* Stanford, Calif.: Stanford University Press.

Wittgenstein, L. (1969). *Über Gewissheit.* G.E.M. Anscombe and G. H. von Wright (eds), *On Certainty.* Translated by D. Paul and G.E.M. Anscombe. Oxford: Blackwell.

Yule, G. U. (1911), *An Introduction to the Theory of Statistics.* London: C. P. Griffin.

Zweig, A. (1967), (editor and translator). *Kant: Philosophical correspondence 1759—99.* Chicago, Ill.: University of Chicago Press.

INDICE DE MATERII

abatere standard: 152, 170, 175
acțiune la distanță: 92, 110
adevăr
  definiția tarskiană a ~; 254
aleatoare
  eșantionare: 336
  serie: 98, 99
  strategie: 335
  variabilă: 151, 154, 170, 174, 175, 350, 351, 354, 355, 360
aleator
  intenșional: 335—337
  în fenomenele naturale obișnuite: 76—79
  în noroc, la Aristotel: 105—108
  în percepția olfactivă și vizuală: 77
  în procese și în rezultate: 101, 102
  și complexitate: 98—101
  și ecuațiile stocastice: 87
  și stabilitatea: 101, 102
alegere: 88, 92, 106, 192, 206, 207, 259, 280, 296, 307, 329, 335
algebră
  booleeană: 176, 177, 178
  clasică: 178
  a evenimentelor: 176, 177.
algoritm: 136, 140, 247, 248, 338, 343—346, 349
așteptare
  și probabilitate: 328
axioma alegerii: 160, 192, 206, 207
axiomatizare: 311
  a geometriei: 241
  a lui Kolmogorov: 354
  a lui Luce: 354
(de tip) bayesian
  concepții despre raționalitate: 299
  metode: 302
  modelul utilității așteptate: 348
  teorie: 303
  teoria deciziei: 302
  teoria probabilității subiective: 62

teoria raționalității: 338
behaviorism: 231
calcul: 91, 228, 248, 252, 289, 292, 330
aritmetic: 346
teoria ~: 228, 229
calculator: 82, 100, 122, 217, 227—229, 248, 249, 256, 263, 267
limbaj pentru ~: 315
model al ~: 256
programarea ~: 256
programe pentru ~: 256, 267
știința ~: 304
uzual: 268
cantități: 315, 340, 342, 351
fizice: 166, 167, 170
cauză (e)
adevărate: 329
ascunse: 112, 113
comune: 92, 146—149, 151, 152, 155
determinată: 111
false: 121, 124, 125, 130, 133, 144
negativă: 143
prima facie: 121, 124, 129, 130—133, 144, 145, 148
probabiliste: 92, 136
ultime: 125, 132
veritabilă: 124, 125, 130, 133
certitudine: 61, 69, 130, 252
a cunoașterii: 72
analiza ~: 158
analize filosofice ale ~: 165
apărarea ~: 179
a priori: 157, 158
asimptotică: 188
căutarea ~: 157
cele trei sensuri la Euler: 158, 161, 165
cercetare filosofică a ~: 169
conceptul de: 179
demonstrativă: 161
dorința de: 187
empirică: 165
iluzia ~: 167
în știință: 167
la Wittgenstein: 168
metodă de obținere a ~: 157
morală: 161, 162, 165
sensul ~: 165
sensurile ~: 161
strictă: 173
susțineri ale ~: 157
utilizată de Descartes: 169
veritabilă: 165
cinematică: 200
completitudine, vezi *incompletitudine*
complexitate: 78, 101, 166, 217, 235, 242, 293, 340, 348
a evidenței experimentale: 204

a fenomenelor: 87
a fenomenelor de percepere a vorbirii: 237
a rostirilor: 241
ca noțiune generală: 99
continuitate și: 238
definiția ~: 100
dependența aleatorului de: 98
grad de: 207
comportament: 84, 85, 92
al fenomenelor fizice: 226
al particulelor elementare: 208
uman: 105
justificarea scopurilor normative ale: 338
lingvistic: 253
normativ: 347
optimal: 338
predicția ~: 144, 226, 232
schimbare în: 208
condiția de închidere: 356
condiționare: 349
congruență
a înțelesului: 269, 277
conceptul de: 275
cu privire la rezultat: 264—269
exigențe ale ~: 279
grade de: 279
identitatea ca relație de: 276
ierarhia ~: 280
relații de: 260, 276, 277, 280
corelație
condițională: 146
fenomenologică a cauzelor comune: 151
între fumat și cancerul plămînului: 125
negativă: 152
credință (e)
atitudini propoziționale cu privire la: 279
axiomele lui Scott ca teorie a ~: 352
ca aspect al teologiei: 125
care măsoară probabilitățile: 341
conceptul de probabilitate ca teorie a ~ subiective parțiale: 328
dificultăți (puzzle) cu privire la: 269
enunțuri despre: 270
expresie a ~: 126, 186
grad al ~: 274
în astrologie: 125
în cauzele false: 125
probleme de măsurare a ~: 339, 340
procesul determinării ~: 340
procesul schimbării ~: 337
propoziții despre: 270
rațională: 61
raționalitatea ~ ei: 187
realismul ~: 94

repartiția de probabilitate a ~: 327, 339
structura calitativă a ~ei: 353
subiectivă: 274
substitut pentru: 125
și dorință: 335
și intenții: 335
și valori: 329
tăria ~: 274
teoria ~ parțiale: 303
criteriu: 100
al demonstrației: 160
al identității: 170
al raționalității: 316, 343
de performanță: 345
empiric: 162
independent: 312, 393
judecata criterială în luarea deciziilor: 343
obiectiv: 345
pentru acceptarea gramaticii: 291
predicția unui ~ numeric: 346
sintactic: 162, 163
cuantificatori: 255.
date
analiza lor: 131
empirice: 99, 162, 203
decident: 299
decizie (ii)
alegerea ~: 330, 334
așteptarea în: 328
consecințe ale ~: 330
economică: 331
luarea ~: 346—349
luarea ~ în statistica matematică modernă: 343
neexplicită: 324
neformală, practică, intuitivă: 324
optimală: 338
preferință între: 326
procedura lui Tarski de: 191
proceduri recursive de ~ pentru adevărul logic: 191
raționalitatea ~: 331
rolul judecății intuitive în teoria deciziei: 344
teoria ~: 338
teoria bayesiană a ~: 302
definiție
aleatorului: 99
analizei: 320
cauzelor false: 124
claselor pentru tabelele statistice: 132
complexității: 99
complexitatea definițională a aleatorului: 102
conceptelor cauzale: 105
„disciplinci": 219
lanțurilor cauzale: 145
lui Aristotel a materiei: 67

materiei: 64
metafizicii: 71
mulțimii funcțiilor calculabile: 256
probabilistă a cauzelor prima facie: 145
probabilității: 351
recursivă: 246
recursivă în logica propozițiilor: 246
tarskiană a adevărului: 254
demonstrație
căutarea ~: 247
matematică: 161—165, 261, 321, 344
determinism: 61, 69, 100
argumentul împotriva ~: 75, 76
cauzelor comune: 146
conceptul de: 75, 98
concepțiile neo-kantiene și neo-laplaceene cu privire la: 93
dihotomia determinism — aleator: 100
ideile lui Kant cu privire la: 92
laplaceean: 82
laplaceean strict: 166, 167
predicție și: 225
strict: 172, 175, 188, 189
versus stabilitate: 225
dezintegrare radioactivă: 76, 89, 95, 111, 184, 333
discurs indirect: 270, 271, 279, 280
semantica ~: 280
eroare
experimentală: 92
evenimente
algebră de: 176, 178, 354, 355, 361
secvență de: 143
evidență (empirică)
experimentală: 204, 223
foneme: 237, 250
analiza ~: 237, 238
trăsături distinctive ale ~: 236
formulă
bine formată: 246
fundamente
ale matematicii: 192, 218, 246, 256
ale fizicii: 198, 201, 203
gramatică
independentă de context: 250, 287
probabilistă: 240, 241—245, 250, 286, 288, 291, 293
Heisenberg
principiul incertitudinii al lui: 158, 169, 171, 175
relația de incertitudine: 178
incertitudine: 303, 330
a cunoașterii matematice: 158
conceptul de: 187
conceptul adecvat de: 187
șansă și: 80,
cu privire la adevărata stare a naturii: 300
principiul fundamental al ~: 168—170, 176, 177, 184

principiul lui Heisenberg al ~: 158, 169—171, 175—178
probabilitate și: 139
teoria raționalității în situații de: 303
incompletitudine
a aritmeticii: 191
a geometriei: 191
a teoriei unitare a cîmpului: 203, 204
în fizica de tip cartezian: 193—198
în fundamentarea metafizicii de către Kant: 198—201
în logică: 190
în teoria mulțimilor: 192
paradoxul Einstein-Podolsky-Rosen: 204—208
indeterminism: 87, 88
informație
și calcul numeric: 228
prelucrare: 343
intensiune: 276, 279
interpretare
intuitivă: 174
invarianță
probleme de: 238
înțeles
congruența ~: 269, 277
sinonimia ~: 280
învățare
a limbajului: 72, 246, 247, 253
de tip totul sau nimic: 293, 294
incrementală: 295—297
modele de tipul dezvoltării: 293—298
justiție
procedurală: 312
ege (i)
a fenomenelor complexe: 204
a fenomenelor fizice: 67
fundamentală a fenomenelor naturale: 72
a gravitației: 93
a inerției: 195
ale lui Newton: 103, 112
a gîndirii: 199
a lui Zipf: 240
a naturii: 112, 166, 193, 195
a mecanicii cuantice: 218
a mișcării: 193
a pătratului invers a lui Newton: 96
biologică: 212
cauzală: 72
de bază a științei: 104, 126,
deterministă: 89, 97
exponențială: 184
exponențială a dezintegrării radioactive: 79
fizică: 212
fundamentală a fizicii: 88
fundamentală a materiei: 201
fundamentală a universului, 88

fundațională: 137
generală: 136, 137
inadecvarea legilor deterministe: 79
naturală: 226
probabilistă adecvată: 79—84, 89
probabilistă a dezintegrării: 89
probabilistă de bază: 95, 104
probabiliste obiective: 330
statistică: 104
unitatea legilor: 212
lingvistică: 243, 254, 291
metodologia statistică în: 234
logică
a mecanicii cuantice: 176, 177
clasică: 176, 191, 302
de ordinul întîi: 190, 191
neclasică: 176
propozițională: 246
matematică
fundamentele matematicii: 192, 218, 246, 256
măsurare
teoria măsurării: 340
mecanică
clasică a particulelor: 83
cuantică: 66, 89—92, 94, 103, 148, 150, 151, 158, 168, 170, 172, 173, 176, 177, 203, 205, 216, 217, 238, 243, 333
statistică: 90, 103, 167, 257, 262
memorie: 249
limitată: 338
stocarea în: 228
umană: 280
vizuală: 265
metode ansambliste: 254
modalități: 97, 98
mulțime
cilindrică: 207
teoria ~: 192, 218, 219, 254
ordine: 354
parțială: 177
slabă: 354, 358
paradigmă: 85, 122
paradox
al lui Simpson: 130, 133
Einstein-Podolsky-Rosen: 204—208
parametri ascunși: v. *variabile ascunse*
pluralitate: 129
a limbajului în știință: 213—216
a metodelor: 219
și reducționism: 213—220
în știință: 214
în privința obiectului științei: 216—218
problema celor N corpuri: 143, 220, 223, 224
predicție
a comportamentului: 143

și instabilitate: 226
teoretică: 141, 291
probabilistă
gramatică: 239—245, 250, 286, 288, 291, 293
învățare: 253
metafizică: 62, 67
probabilitate: 174, 286
asociată: 150, 153, 174
condiționată: 122, 124, 143, 286
repartiție de: 86, 149, 150, 153, 169, 170, 174, 175, 178, 179, 187, 205, 286, 287, 327, 335, 339, 348, 355
spațiu de: 155, 208, 350
subiectivă: 62, 303, 327, 329, 339, 348, 351
teorie a ~ 104, 111, 112, 119, 121, 137, 170, 174, 176, 179, 202, 214, 238, 303
proceduri
congruente în privința rezultatului: 262, 263, 264
justificate: 300, 303, 308, 322, 323, 349
pentru semantică: 267, 268
și comunicare: 262—267
și înțeles: 259—262
și proprietăți: 258
umane și ~ ale calculatorului: 268
propoziție (ii): 280
generale: 71
metafizice: 72, 73
prozodie: 234
randomizare
intențională: 337
rațional
comportament: 316, 341
om ~: 300, 330, 331, 338
raționalitate
conceptul de: 299, 316, 339
răspunsuri
dificultăți (puzzle) cu privire la răspunsuri: 260, 276—279
reducționism: 213—220
repartiție
a poziției și impulsului: 174
a spinului și poziției: 89
a variabilelor aleatoare: 174
improprie: 175
marginală: 175, 178, 249
rostire: 237
acceptabilitatea gramaticală a ~: 241
asemănarea ~: 263
complexitatea ~: 241
foneme ale unei ~ date: 237
frecvențele relative ale ~: 240—244
înțelegerea ~: 252
orală: 260, 278, 284
scopul unei ~ date: 240
secvențe de ~: 289
structura de suprafață a unei ~: 252

tip gramatical de: 289
trăsături prozodice ale ~: 264
verbală a copiilor: 253
semantică
procedurală: 268
și înțeles: 234
secvență (serie)
aleatoare: 99, 100
de evenimente: 143
finită: 99, 100, 207, 286, 289
infinită: 207
sinonimie: 280
sintaxă: 162, 190, 234, 242
a limbajului natural: 254
teoria sintaxei: 245
spațiu
de probabilități: 155, 208, 350
Hilbert: 91
și timp: 22, 174, 188
stare
a naturii: 299, 326, 327
statistică
independență ~: 289
mecanică ~: 90, 103, 167, 257, 261, 262
metode ~: 219
stocastic
proces: 245, 258, 315
strategie
optimală: 335
pură: 247
teologie: 59, 60, 97, 125, 302
teorie
a limbajului: 254
a probabilității: 95, 138, 340
a raționalității: 303
economică: 299, 323
unitatea științei: 211—220
utilitate
așteptată: 299, 316
maximizarea ~ ~: 319, 327, 335
modelul normativ al ~ ~: 330
teoria probabilității și ~: 328
teoria ~ ~; 325, 329, 335, 346—349
variabile ascunse (parametri ascunși): 91, 92, 204, 205
căutarea ~: 168
deterministe: 147
teoreme privind: 151
variantă: 151, 170
condiționată: 152
a unei repartiții de probabilitate: 169
verosimilitudine
maximă: 287—290
estimarea verosimilitudinii maxime: 287, 288, 291

Cuprins

Empirismul probabilist, logica și cunoașterea științifică, de *Cornel Popa* 5

Notă asupra ediției 48

Din partea autorului 55

1. INTRODUCERE 59

Aristotel despre metafizică 62

Ființă și materie 64

Kant despre metodă 68

Metafizica privită ca presupoziție 69

Cîteva propoziții metafizice 71

2. ALEATORUL ÎN NATURĂ 75

Fenomene naturale obișnuite 76

Murmurul vorbirii 76
Mirosul și văzul 77

Adecvarea legilor probabiliste 79

Epicur 79
Laplace 82

Replierea statistică de pe pozițiile deterministe 85

Dezintegrarea radioactivă 88
Aleatorul în mecanica cuantică 89

Ce este aleatorul? 92

Analogia acțiunii la distanță 92
Aleatorul și complexitatea 98
Aleatorul fizic și stabilitatea 101

Rezumat 103

3. CAUZALITATEA ȘI ALEATORUL 104

Concepții filosofice clasice 105

Aristotel despre noroc și întîmplare 105
Hume 108
Kant 111
De Moivre și cauzele ascunse 112
Bayes 115
Laplace 117

Definiții sistematice 120

Cauze false 123
Tipuri de probabilități 126
Concepții moderne alternative 126
Experiența comună 129

Intuiții opuse 130

Paradoxul lui Simpson 130
Determinism macroscopic 133
Tipuri generale și instanțe particulare 136
Fluxul fizic al cauzelor 141
Cauze comune 146

Anexă privind cauzele comune 151
Supoziție generală 151
Două teoreme deterministe 152
Interșanjabilitatea 153

4. INCERTITUDINEA 157

Certitudinea cunoașterii matematice 158
Cele trei sensuri ale certitudinii la Euler 161
Erori de măsurare 165
Principiul incertitudinii al lui Heisenberg 169
Mecanica cuantică și teoria clasică a probabilităților 173
Înțelesul enunțurilor de probabilitate 179

5. INCOMPLETITUDINEA 188
Completitudinea logică 190
Incompletitudinea aritmeticii 191
Incompletitudinea în geometrie 191
Incompletitudinea teoriei mulțimilor 192
Fizica lui Descartes 193
Fundamentele metafizice kantiene ale fizicii 198
Laplace 201
Teoria unificată a cîmpului 202
Paradoxul Einstein-Podolsky-Rosen 204
Incompletitudinea spațiilor probabilizate 206

La ce ne putem aștepta 208

6. PLURALITATEA ȘTIINȚEI 211

Ce se presupune a fi unitatea științei? 211

Unitate și reducționism 213
Reducția limbajului 214
Reducția obiectului științei 216
Reducția metodei 218

Problema celor *N* corpuri 220

Informație și calcul numeric 227

Software mental și hardware fiziologic 229

7. LIMBAJUL 234

Producerea și receptarea vorbirii 235
Trăsăturile distinctive 236
Fonemele 237
Silabele și cuvintele 239

Gramatica 239
Competență și performanță 245
O gramatică simplă 250
Aplicații ale gramaticilor probabiliste 251

Înțeles și proceduri 254
Câteva propoziții generale cu privire la proceduri .. 258
O dificultate legată de răspunsuri 269

Congruența înțelesului 275
Discursul indirect 279
Nasol la maxim 281

Anexă cu privire la gramaticile probabiliste 286

Estimarea verosimilității 288

Exemplul francez 291

Modele ale dezvoltării 293
Modelul stadial de tipul totul sau nimic 294
Modelul incremental 295
Testarea empirică a celor două modele 297

8. RAȚIONALITATEA 299

Înțelesurile raționalității 299

Modelul procedurilor justificate 303
Rețetele culinare ca proceduri 306
Aplicațiile procedurilor și probabilitatea 313
Bucătari și dulgheri raționali 316
Practicul și teoreticul 318

Modelul utilității așteptate 325
Slăbiciunile modelului utilității așteptate 330

Iluzia intenției 331
Aleatorul intențional 335
Iluzia atenției 337
Chestiuni de context și aproximare 339

Locul judecății 342
Teoria pozitivă a judecății 344
Modele lineare pentru agregarea judecăților 346

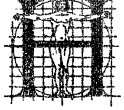
Nucleul bayesian 348

ANEXĂ CU PRIVIRE LA PROBABILITATE ȘI AȘTEPTARE 350

Structuri de așteptare calitativă 355

Dezvoltare formală 358

BIBLIOGRAFIE 362
INDICE DE MATERII 372



HUMANITAS

este o editură de ştiinţe umaniste
care îşi propune să publice cărţi fundamentale
din domeniile:
economie, sociologie, politologie,
istorie, filozofie, religie.
Editura HUMANITAS
lansează pentru început colecţiile:

Eseul politic

Repere

Idei contemporane

Totalitarism şi literatura Estului

Colecţia Φ

Memorii-Jurnale

Maeştri spirituali răsăriteni

Ştiinţă şi filozofie

Printre primele apariţii:
Václav Havel **Eseuri**
Paul Goma **Culorile curcubeului '77**
Augustin **De dialectica**
Constantin Noica **Jurnal filozofic**
L.Wittgenstein **Tractatus Logico-Philosophicus**
Virgil Ierunca **Fenomenul Piteşti**
Silviu Brucan **Dispariţia puterii**
Armand Călinescu **Însemnări zilnice**
E.M.Cioran **Pe culmile disperării**
Roi Medvedev **Despre Stalin şi stalinism**
T. Robert, S. Vieru **Riscul gîndirii**

ISBN 973-28-0065-8

Lei 24